

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Model regulace žaludeční kyselosti  
Model of Regulation of Gastric Acidity

2014

Erika Lamaczová

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

## Zadání bakalářské práce

Student: **Erika Lamaczová**  
Studijní program: B2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3901R039 Biomedicínský technik  
Téma: **Model regulace žaludeční kyselosti**  
**Model of Regulation of Gastric Acidity**

Zásady pro vypracování:

1. Studium problematiky regulace žaludeční kyselosti.
2. Vytvoření matematického modelu regulace žaludeční kyselosti.
3. Návrh a realizace funkčního sw modelu regulace žaludeční kyselosti.
4. Návrh a realizace funkčního uživatelského rozhraní pro práci s modelem.
5. Ověření funkčnosti vytvořeného modelu.
6. Vytvoření laboratorní úlohy dle šablon a standardů BME VŠB – TUO v českém a anglickém jazyce včetně vzorového protokolu.
7. Zhodnocení dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

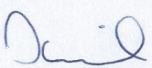
- [1] KITTNAR, Otomar et al. *Lékařská fyziologie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. 790 s. ISBN 978-80-247-3068-4.
- [2] PENHAKER, Marek, Petr TIEFENBACH a František KOBZA. *Lékařská kybernetika*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. 80 s. ISBN 978-80-248-1561-9.
- [3] KITTNAR, Otomar a Mikuláš MLČEK. *Atlas fyziologických regulací: 329 schémat*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. 316 s. ISBN 978-80-247-2722-6.
- [4] ECK, Vladimír a Miroslav RAZÍM. *Biokybernetika*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, Elektrotechnická fakulta, 1996. 155 s.
- [5] WIJK VAN BRIEVINGH, Rogier P. and Dietmar MÖLLER. *Biomedical modeling and simulation on a PC: a workbench for physiology and biomedical engineering*. New York: Springer-Verlag, c1993. xvi, 517 p. ISBN 3-540-97650-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

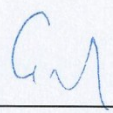
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Augustynek**

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2014

  
doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

### **Prohlášení**

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.“

V Ostravě dne: 5. 5. 2014



.....

## **Poděkování**

Touto cestou bych chtěla poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Martinu Augustynkovi za pomoc a čas, který mi věnoval při řešení zadané problematiky.

# Abstrakt

Cílem této práce je pochopit funkci žaludku a také dobře znát jeho fyziologii. Poté je možné sestavit Model regulace žaludeční kyselosti. Tento model se sestavuje v programu Matlab – Simulink. Nejdříve je zapotřebí sestavit matematický model pro práci v Simulinku. Součástí této práce je i vytvoření grafického uživatelského rozhraní. Konečným výsledkem je zhotovení laboratorní úlohy.

# Abstract

The main goal of this bachelor thesis is to get to know stomach functionality as well as its physiology. After that It's possible to build the Model of regulation of gastric acidity. Model is assembled in program called Matlab - Simulink. The first thing is to build a mathematical model for work in Simulink. Part of this work is also creation of graphic user interface. Final result is to create a laboratory task.

# Klíčová slova

Fáze sekrece, funkce žaludku, gastrin, Helicobacter pylori, kardia, kyselina chlorovodíková, objem žaludku, pepsin, pH, potrava, pylorus, trávenina, žaludeční šťávy.

# Key Words

Phase of secretion, function of stomach, gastrin, Helicobacter pylori, cardia, hydrochlorid acid, content of stomach, pepsin, pH, food, pylorus, chyme, gastric acid.

# Obsah

Úvod.....	2
1.Fyziologie žaludku.....	3
1.2 Funkce žaludku.....	4
1.2.1 Žaludeční šťávy.....	5
1.2.2 Fáze žaludeční sekrece.....	6
1.3 Nemoci žaludku.....	9
1.3.1 Žaludeční vřed.....	10
1.3.2 Zánět žaludku.....	10
1.3.3 Rakovina žaludku.....	10
2.Matematický model žaludku.....	12
2.1 Objem žaludku.....	13
2.2 Koncentrace gastrinu v krvi.....	15
2.3 Koncentrace $H^+$ iontů v žaludku.....	16
2.4 Výsledný model.....	17
3. Uživatelské rozhraní GUI.....	19
4. Ověření funkčnosti modelu.....	26
4.1 Výsledky simulací.....	26
4.2 Ověření funkčnosti.....	28
5. Závěr.....	30
6. Literární a internetové zdroje.....	31
7. Seznam příloh.....	33
8. Obsah CD.....	34

# Úvod

Pro tuto bakalářskou práci je zvoleno téma Model regulace žaludeční kyselosti. Žaludeční kyselost je v žaludku velmi důležitá a je zapotřebí, aby byla v normě. Pokud tomu tak je, je žaludek schopen správně fungovat a plnit své funkce, jako je trávení a rozklad potravy, vstřebávání různých vitamínů a podobně.

Pro to, aby mohl být sestaven model, který nám na základě zadaných parametrů ukáže základní veličiny modelu, je zapotřebí znát jak fyziologii žaludku, tak i matematický popis. Dále je možné sestavit model v programu Matlab - Simulink.

Výslednou složkou tohoto modelu by mělo být zobrazení objemu žaludku, koncentrace gastrinu v krvi a hodnota pH v žaludku, a to za dobu 24 hodin. Vstupem je potrava ve třech fázích. Těmi jsou snídane, oběd a večeře. Po vytvoření tohoto modelu a ověření jeho funkčnosti je možné sledovat výsledné složky při změně vstupních parametrů. A zjistit, jak a na čem je závislé například pH žaludku a sledovat jeho změnu.

# 1. Fyziologie žaludku

Žaludek, neboli z latinského slova ventriculus (gaster), je součástí trávicího ústrojí. Jedná se o dutý vakovitý orgán, který je propojen v horní části s jícnem, kde místo přechodu jícen-žaludek se jmenuje kardie. V dolní části (pylorus) navazuje žaludek na tenké střevo. Žaludek se nachází v horní části břišní dutiny, mezi játry a slezinou. Můžeme jej rozdělit na čtyři části. Pokud půjdeme sestupně, nalezneme zde kardie, fundus, korpus (tělo), antrum, pylorus. Objem žaludku je v průměru 2 až 3 l. V extrémních případech může žaludek pojmout potravu o objemu až 5 l. To vše je možné pomocí roztažitelnosti žaludku. Svalovina žaludku je tvořena hladkým svalstvem, tudíž není ovladatelná naší vůlí. Tato svalovina napomáhá žaludku k peristaltickým pohybům, které slouží k posunu potravy v žaludku. V průběhu našeho života je sliznice žaludku silná a růžová. Po smrti je kvůli natrávení rozbředlá a zašedlá. Na povrchu sliznice jsou povrchové buňky, které produkují hlen (nerozpustný v kyselině). [1]

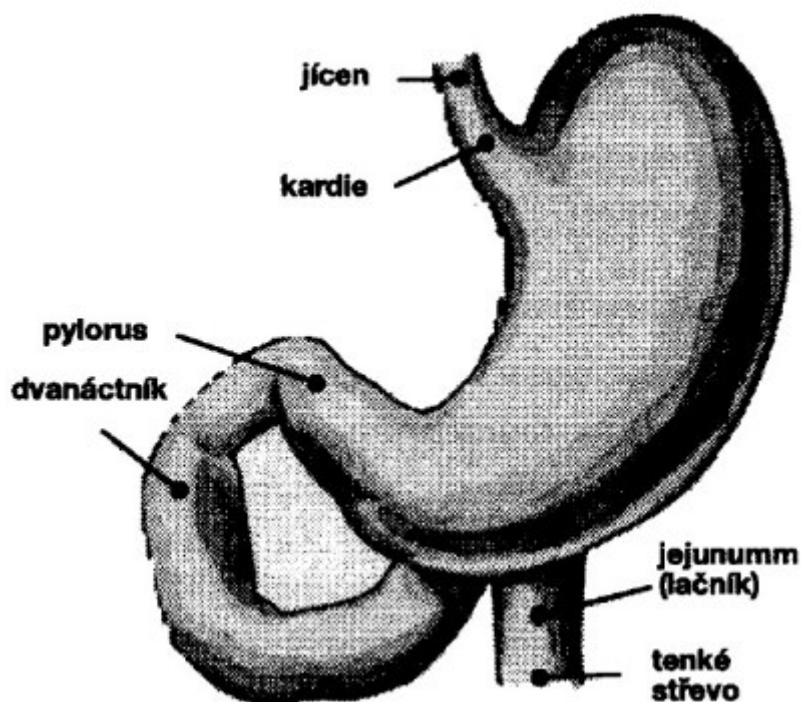
## Kardie

Kardie neboli česlo je místo, kde končí část jícnu a začíná vstup do žaludku. V klidu je toto místo uzavřeno kruhovým svalovým svěračem. Zde je to uzavřeno z důvodu možného návratu chymu z žaludku. Toto místo je inervováno parasympatickým nervem (vagus) a sympaticky, z hrudního sympatiku. [2]

## Pylorus

Pylorus neboli vrátník je místo, kde je konečná část žaludku a začíná duodenum. V klidovém stavu je toto místo uzavřeno prstencovitým svalovým svěračem. Tento svěrač je schopen zachytit větší částčky, které nebyly rozmělněny, aby mohly být přesunuty dál do duodena. Hormon, který je vyráběn žlázami vrátníku, je schopen zachytit nedokonale zkapalněné bílkoviny a tento proces zkapalnění dokončit. Tato svalovina pyloru se otevírá v pravidelných intervalech, aby nebyl chymus do duodena přesunut najednou. [2] [3]





Obr. č. 1: Rozdělení žaludku. [4]

## 1.2 Funkce žaludku

Po vstupu potravy do žaludku se stává žaludek zásobníkem této potravy. Prvních 20 minut probíhá v žaludku receptivní relaxace, kdy se tvoří žaludeční šťáva. Tyto šťávy jsou tvořeny především pepsinogeny, vnitřním („intrinsic“) faktorem (váže se na vitamín B12), mucinem a kyselinou chlorovodíkovou. Před těmito agresivními látkami se žaludek chrání na povrchu hlenem. Poté nastává fáze, kdy začnou peristaltické pohyby, které potravu promíchávají se žaludeční šťávou. Tímto procesem se vytvoří řídká a kašovitá hmota nazývaná trávenina (chymus). Postupně je tato trávenina vyprazdňována do duodena. Doba vyprazdňování žaludku je závislá na skladbě potravy. Nejdelší dobu v žaludku zůstávají tuky, které jsou složitější na rozklad, vylučují se převážně po 6 hodinách. Nejlépe jsou vyprazdňovány sacharidy, které jsou v žaludku přibližně 2 hodiny. Bílkoviny se vylučují po 4 hodinách. Odchod tráveniny ze žaludku je řízen několika regulacemi a těmi jsou: humorální (gastrin, histamin, sekretin, glukagon, somatostatin), nervová (n. vagus) a peptidergní regulace. [5] [6]

### 1.2.1 Žaludeční šťávy

Žaludeční šťávy tvořeny ve žlázkách žaludeční sliznice jsou bezbarvé a silně kyselé. Během 24 hodin je žaludek schopný vyloučit 2 až 3 litry žaludeční šťávy. Obsah žaludečních šťáv se skládá z kyseliny chlorovodíkové, pepsinogenu, vnitřního faktoru a mucinu. Tyto vyjmenované látky jsou nejdůležitějšími v trávení potravy, vstřebávání vitamínů a rozkladu potravy. pH žaludku je okolo 1 až 2 a po kontaktu s potravou je pH 2 až 4, kdy po třech hodinách se potrava mění na kyselou tráveninu. Produkce žaludečních šťáv probíhá na základě dvou faktorů. Prvním z nich je nervově-psychické ovlivnění, to znamená na základě chuťových, čichových a zrakových reflexů. Toto je podmíněno stimulací bloudivého nervu. Reflexy nejsou jediným faktorem, kdy je tvořena šťáva, ale tvoří se také díky vyvolaným emocím. Druhým z faktorů je samotný žaludek. Potrava, která přichází do žaludku, působí na žaludeční sliznici, a tím se uvolňuje gastrin. Spouští se mechanické a chemické reakce. [6] [7]

#### Kyselina chlorovodíková

Kyselina chlorovodíková je produkováána parietálními buňkami. Nejvýznamnějšími regulátory pro tvorbu HCl je gastrin a parasympatický mediátor acetylcholin (Ach). Velká tvorba HCl může mít za následek jednu z chorob žaludku (vředové choroby). HCl v žaludku vytváří kyselé prostředí a tato kyselost ničí choroboplodné zárodky, tudíž má baktericidní účinky. Tato kyselina přeměňuje neaktivní pepsinogen na pepsin (kvůli kyselému pH). Je vhodná i pro vstřebání důležitých vitamínů jako například B1, B2, C a zabraňuje jejím rozkladům. Také dokáže zredukovat železo na vstřebatelnou formu ( $\text{Fe}^{2+}$ ). HCl napomáhá trávení masa pomocí bobtnání vaziva, způsobuje rozpad svalové hmoty na jednotlivá vlákna. Tyto kyseliny rozkládají lépe i bílkoviny, kterým se po kontaktu s kyselým pH rozpadá jejich struktura. Jelikož se potrava v žaludku usazuje, někdy i na pár hodin, kyselina chlorovodíková zabraňuje tomu, aby trávenina začala kvasit. [8]

#### Pepsinogen

Sliznice žaludku vytváří neaktivní pepsinogeny, které jsou následně přeměněny na aktivní pepsiny. Přeměna je možná za přítomnosti kyseliny chlorovodíkové, která vytváří velmi kyselé prostředí. Pepsin se vytváří až přeměnou, jelikož je to velmi silný enzym a mohl by poškodit jak proces rozkladu bílkovin, tak by mohl napadat vlastní stěnu žaludku (díky tomu je na povrchu velmi silná vrstva mucinu). Proto je řazen mezi enzymy, které jsou schopny štěpit bílkoviny – proteázy. [8]

Tab. č. 1: Přehled žaludeční sekrece. [9]

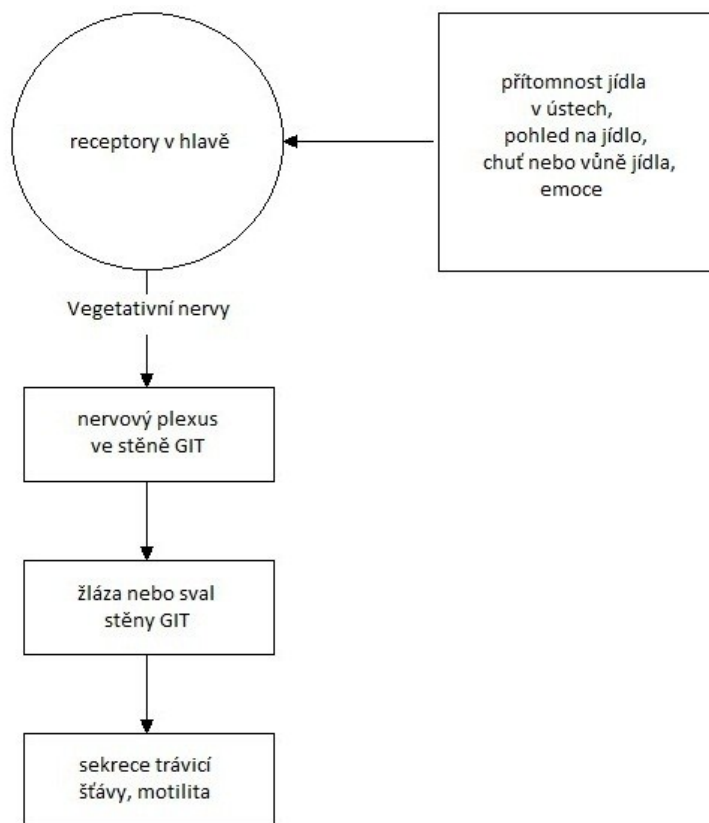
Oblast žaludku	Typ buněk	sekrece
Fundus a tělo	Parietální buňky	HCL, vnitřní faktor
	Hlavní buňky	Pepsinogen, Lipáza
	Buňku krčků	Hlen, Lipáza
	mucinózní buňky	Hlen, $\text{HCO}_3^-$
Pylorus a kardie	mucinózní buňky	Hlen
Antrum	mucinózní buňky	Hlen, pepsinogen
	G – buňky	Gastrin
	D – buňky	Somatostatin
	ECL - buňky	histamin

## 1.2.2 Fáze žaludeční sekrece

Dělíme ji podle místa stimulace na tři fáze:

### 1. Cefalická fáze

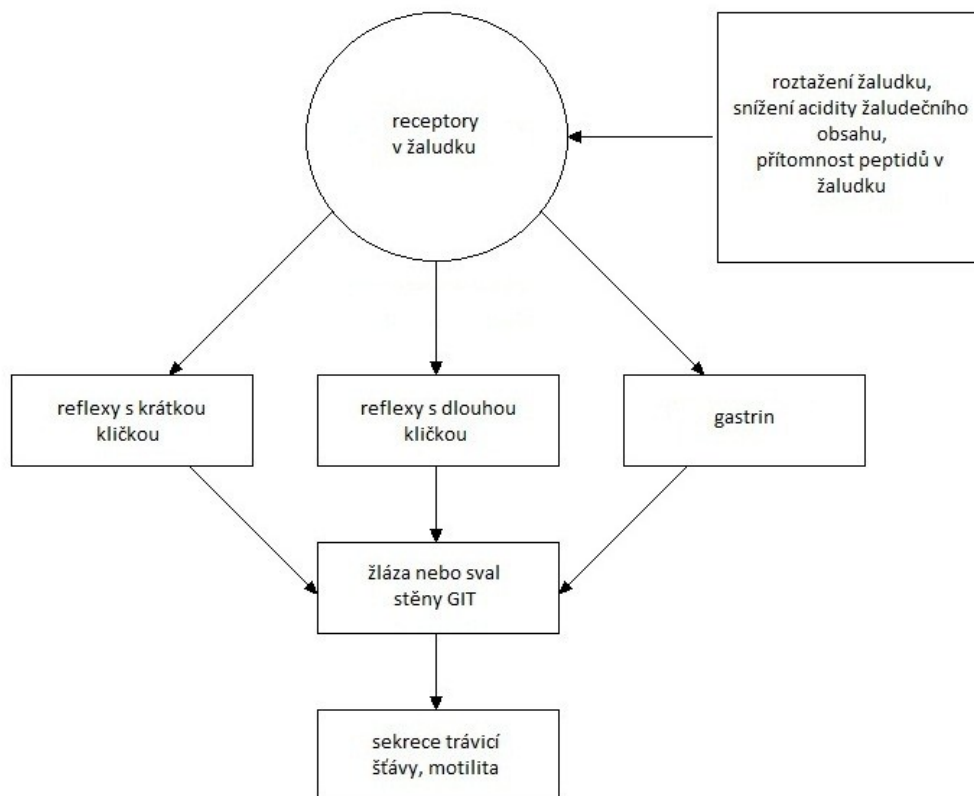
Neboli reflexní fáze, kdy je vyvolána žaludeční sekrece na základě podmíněných (zrakové vjemy, myšlenka na jídlo) a nepodmíněných (čich, chuť) podnětů. Uvolňuje se hormon gastrin, který zvyšuje citlivost parietálních buněk a sekreci HCl. U slinivky břišní má 20% podíl na její stimulaci právě cefalická fáze. [10] [11]



**Obr. 2: Cefalická fáze řízení činnosti gastrointestinálního traktu. [11]**

## 2. Gastrická fáze

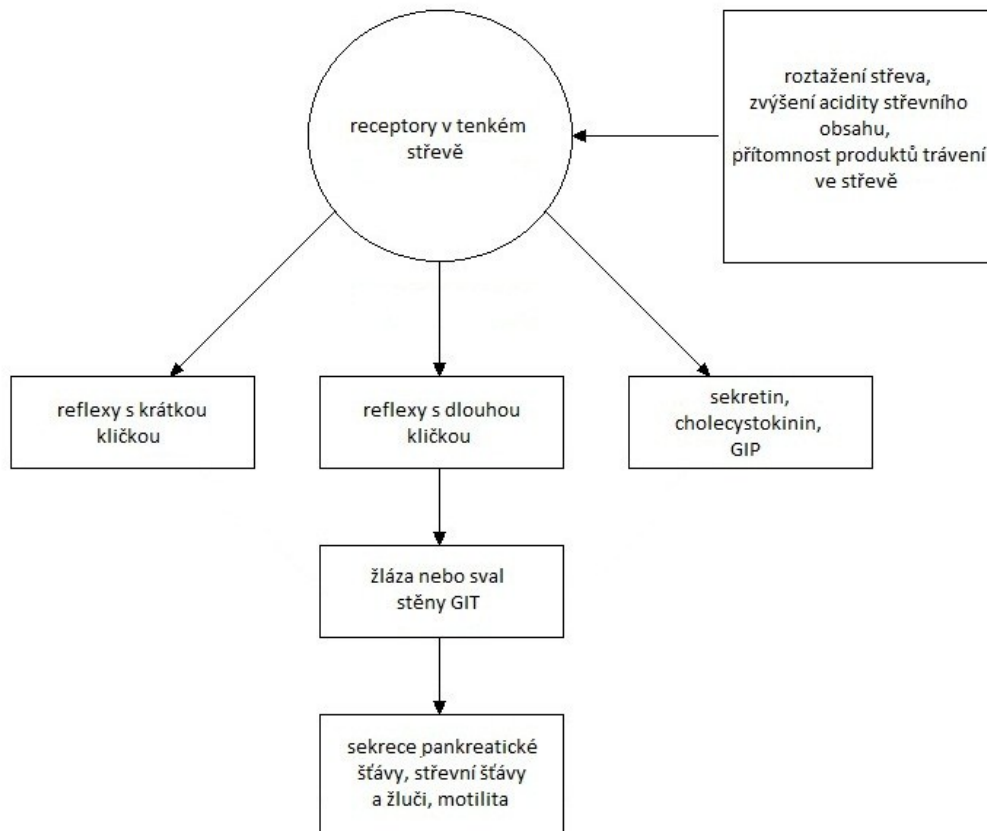
Neboli žaludeční fáze, kdy je potrava již v žaludku. Nastávají reflexní mechanismy. Žaludek se roztáhne a zvětší svůj objem. G – buňky zvyšují produkci gastrinu. Z krevního oběhu se gastrin dostává do parietálních buněk a tím stimuluje produkci kyseliny chlorovodíkové, ale nestimuluje zde slinivku břišní. [10] [11]



**Obr. 3: Gastrická fáze řízení činnosti gastrointestinálního traktu. [11]**

### 3. Intestinální fáze

Tato třetí fáze začíná v době, kdy trávenina vejde do duodena. Ve chvíli, kdy chymus opouští žaludek se uvolňováním gastrinu produkuje sekrece, ale v místě, kdy je chymus již v duodenu, se tvorba sekrece snižuje. V duodenu se za pomoci kyselého chymu začne uvolňovat sekretin, který upravuje pH prostředí v tenkém střevě a gastrický inhibiční hormon. V této fázi hraje největší roli stimulace slinivky břišní. [10] [11]



**Obr. 4: Intestinální fáze řízení činnosti gastrointestinálního traktu (GIP = glukózo-dependentní inzulinotropní peptid). [11]**

## 1.3 Nemoci žaludku

Sliznice žaludku je velmi různorodá. V oblasti těla se nachází žlázy, které obsahují hlavní a parietální buňky. Hlavní buňky produkují pepsin a parietální buňky vylučují kyselinu chlorovodíkovou. Dále jsou zde žlázy obsahující G - buňky, které produkují gastrin a D - buňky vylučující somatostatin. Na základě humorálního a nervového řízení je žaludek schopen splnit své nejdůležitější funkce, a to sekreci a motoriku.

Pokud ale dojde k podráždění žaludeční stěny špatnými látkami, může dojít k obraně těla, kdy se peristaltika žaludku obrátí a dojde ke zvracení (emesis). [12]

### 1.3.1 Žaludeční vřed

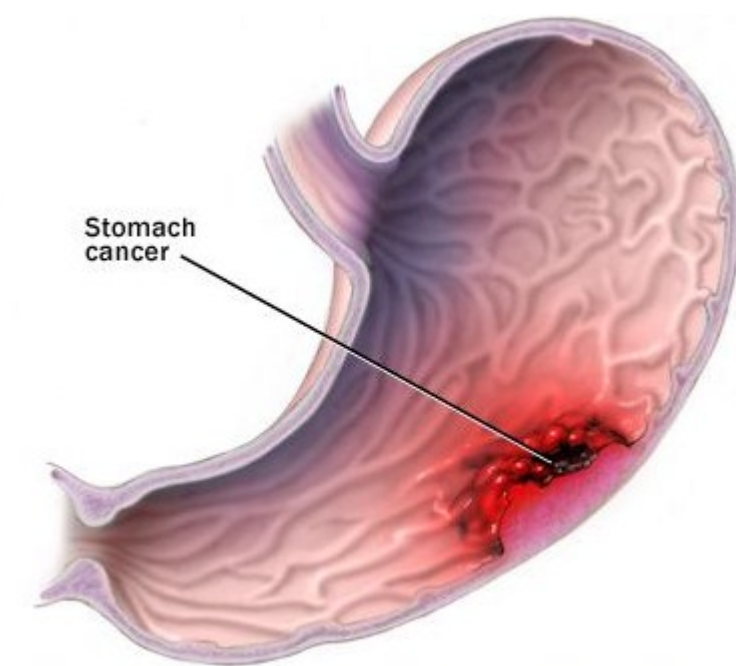
Z latinského slova *ulcus ventriculi*. Vyskytuje se především ve středním až starším věku a u mladých jedinců se tato nemoc vyskytuje výjimečně. Jedná se o peptické onemocnění, kdy dochází k porušení sliznice žaludku. K tomuto porušení může dojít například z důvodu působení žaludečních šťáv, nebo také bakterií *Helicobacter pylori*, která způsobuje infekci. Dalšími příčinami mohou být také dlouhodobý stres, nesprávná životospráva, ale také i genetické faktory. Po propuknutí těchto příčin se na sliznici vytvoří vřed. Projevem těchto vředů bývá krvácivost, bolest žaludku, nechut' k jídlu, nevolnost, únava a spavost. Léčba těchto vředů spočívá v chirurgickém odstranění, ale měl by být také kladen důraz na správnou životosprávu. Je potřeba omezit kouření a pití černé kávy. Jsou podávány i léky, které snižují kyselost žaludku. [13]

### 1.3.2 Zánět žaludku

Z latinského slova *gastritis*. Máme dva druhy této nemoci, a to akutní a chronickou. Při akutním zánětu je nemoc velmi krátká, ale s velmi vážnými projevy. Jedná se o reflexní poruchu motility. Chronická nemoc trvá déle a příznaky se nemusí projevovat. Opět tuto nemoc může vyvolat jak špatná životospráva (kouření, alkohol, mastné jídlo), tak i stres a dědičnost. Ale největší příčinou je bakterie *Helicobacter pylori*. Pokud je původcem tato bakterie, jedná se o gastritidu typu B. Nemoc se projevuje například nevolností, plynatostí, bolestí v nadbřišku, břišní kolikou. U chronické nemoci je to pocit plnosti, v horších případech to je zvracení krve. Léčí se pomocí medikamentů a klidového režimu. [14]

### 1.3.3 Rakovina žaludku

Na vzniku této nemoci se podílí mnoho faktorů. Jeden z nich je dlouhodobá gastritida, která následně vyústí v rakovinu. Příčinou mohou být ale i potraviny, které se tvoří při uzení a grilování. U této nemoci nepozorujeme ze začátku nějak výrazné projevy. Je velmi těžké přijít včas na toto onemocnění. Projevuje se většinou bolestmi břicha, nechutenstvím, úbytkem na váze. V horších případech se může objevit krev při zvracení, nebo ve stolici. Nejúčinnější léčbou je chirurgické odstranění části žaludku, nebo úplným odstraněním společně pak s chemoterapií. [15]



**Obr. 5: Rakovina žaludku. [16]**



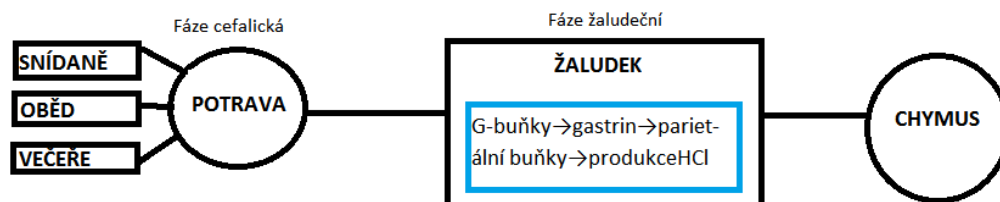
## 2. Matematický model žaludku

Pro vytvoření blokového schématu regulace žaludeční kyselosti je potřeba znát funkci jednotlivých bloků. Pomocí jednotlivých vzorců lze sestavit blokové schéma a simulovat tak příjem potravy.

Celkový model je sestaven v programu Matlab – Simulink. Matlab slouží k vědeckotechnickým výpočtům, ke grafickému znázornění výsledků, k analýze dat a mnoho dalším funkcím, které ulehčují práci. Simulink je prostředí pro simulaci modelů. Modely lze jednoduše vytvořit pomocí rovnic a blokových schémat.

Model regulace žaludeční kyselosti je vytvořen ze čtyř bloků, který má čtyři výstupy. Prvním z bloků je Blok příjmu potravy, druhý je Blok objemu žaludku, třetí je Blok koncentrace gastrinu a poslední je Blok pH žaludku.

Dříve než budou rozepsány všechny rovnice a popsány bloky z modelu, je zde zjednodušené blokové schéma. Na začátku jsou tři vstupy v podobě snídáně, obědu a večeře. Nastává fáze cefalická, kdy začíná žaludeční sekrece za předpokladu podmíněných a nepodmíněných reflexů. Poté se potrava dostává do žaludku a nastává fáze žaludeční. Žaludek zvětšuje svůj objem a potrava se rozmělnjuje. G – buňky zvyšují produkci gastrinu, který se dostává do parietálních buněk a ty stimulují produkci HCl. Nakonec je potrava přeměněna na chymus a opouští žaludek, putuje do duodena. [10]



Obr. 6 : Zjednodušené blokové schéma.

## 2.1 Objem žaludku

Objem žaludku závisí na momentálním stavu naplnění. Pokud vejde do žaludku potrava, dokáže se žaludek roztáhnout. Může pojmout až 5 litrů objemu. Pro to, abychom mohli vytvořit v modelu část, kdy můžeme sledovat objem žaludku, je potřeba si zavést vztah, pro který platí:

$$\frac{dV_s}{dt} = Q + Q_s + i_v - \frac{V_s}{R} \left[ \frac{L}{s} \right] \quad (4.1-1)$$

$$i_v = \frac{i_{hr}}{H_0^+} \quad (4.1-2)$$

$V_s$  - objem žaludku [L]

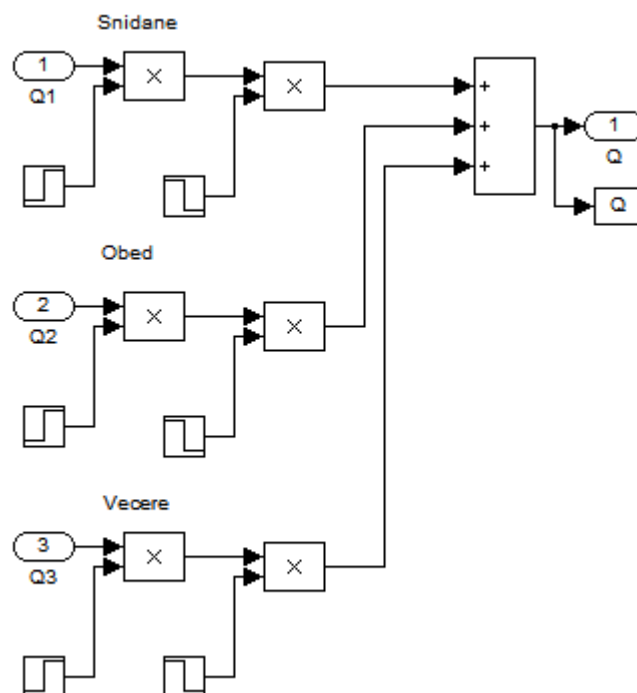
$Q$  - příjem potravy [ $L \cdot s^{-1}$ ]

$Q_s$  - příjem slin [ $L \cdot \text{min}^{-1}$ ]

$i_v$  - příjem žaludečních šťáv [ $L \cdot s^{-1}$ ]

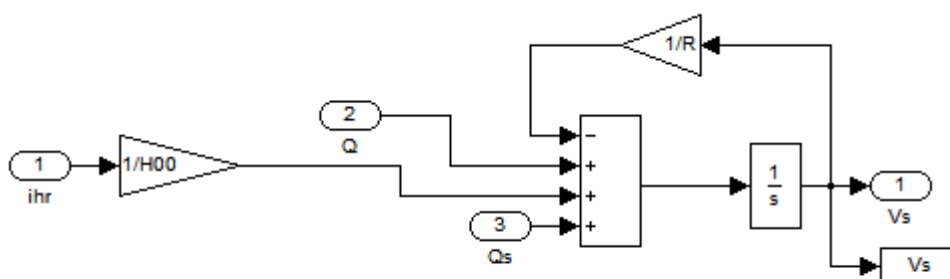
$R$  - časová konstanta vyprazdňování žaludku [s] [17]

Zde si rozebereme model po blocích, zařadíme zde Blok příjmu potravy a objemu žaludku. V bloku příjmu potravy se nachází tři vstupy, a to v podobě snídani, obědu a večeře. Parametr  $Q$  vyjadřuje příjem potravy, který se zde uvádí v L/s. U každého ze vstupů je nastaven začátek i konec. Tyto časy jsou přednastaveny, lze je však měnit. Nastaven je také stálý příjem potravy na 0,0003 [L/s]. Zde je souhrn celodenního jídla za 24 hodin.



**Obr. 7: Blok příjmu potravy.**

Blok objemu žaludku navazuje na příjem potravy. Je nutné znát celkový příjem potravy během 24 hodin, množství vyprodukovaných slin a žaludečních šťáv. Parametr  $H00$  je zde jako molární koncentrace produkované kyseliny. Parametr  $R$ , časová konstanta vyprazdňování žaludku, je nastaven na 3000 s. Výsledkem je pak objem žaludku během čtyřiaadvaceti hodin.



**Obr. 8: Blok objemu žaludku.**

## 2.2 Koncentrace gastrinu v krvi

Gastrin je produkován speciálními buňkami, jsou jimi G – buňky. Jakmile se gastrin vytvoří, putuje krví do parietálních buněk, kde podporuje tvorbu kyseliny chlorovodíkové. Pro koncentraci gastrinu v krvi platí vztah:

$$Vb \frac{dGc}{dt} = igh + igv - k \cdot Gc \quad (4.2-1)$$

$Gc$  - koncentrace gastrinu v krvi [ $\text{ng} \cdot \text{L}^{-1}$ ]

$Vb$  - objem krve [L]

$igh$  - produkce gastrinu ovlivněná koncentrací  $\text{H}^+$  iontů v žaludku

- Při nulové koncentraci  $\text{H}^+$  je produkce maximální, s rostoucí koncentrací klesá podle vztahu:

$$igh = igh_{\max} - K_p \cdot H_c^+, 0 \leq igh \leq igh_{\max} \quad (4.2-2)$$

$K_p$  - míra produkce gastrinu [ $\text{ng} \cdot \text{L} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ]

$H_c^+$  - koncentrace  $\text{H}^+$  iontů [ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ]

$k$  - míra deaktivace gastrinu [ $\text{L} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

- Produkce gastrinu začíná při dosažení prahového objemu  $V_0$ , po jeho překročení je modelována přímou úměrností:

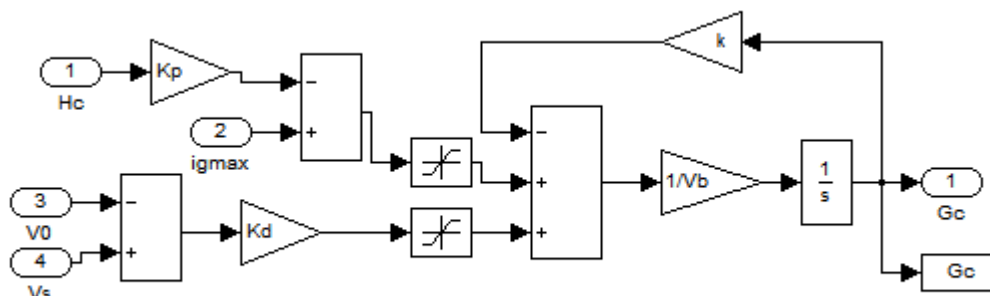
$$\begin{aligned} igv &= K_d \cdot (Vs - V_0), Vs > V_0 \\ igv &= 0, Vs \leq V_0 \end{aligned} \quad (4.2-3)$$

$igv$  – produkce gastrinu ovlivněná objemem žaludku

$K_d$  - míra produkce gastrinu [ $\text{ng} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ] [17]

Koncentrace gastrinu v krvi je závislá na vstupních parametrech jako koncentrace  $\text{H}^+$  iontů, na objemu žaludku a na produkci gastrinu, která je ovlivněná objemem žaludku. Důležitou složkou v tomto bloku je míra produkce gastrinu. U parametru  $K_d$  je produkce

ovlivněná objemem žaludku a u parametru  $K_p$  je ovlivněná pH žaludku. Abychom znali celkovou koncentraci gastrinu, je nutné znát objem krve.



Obr. 9: Blok koncentrace gastrinu.

## 2.3 Koncentrace $H^+$ iontů v žaludku

$H^+$  ionty se neutralizují pomocí karbonátových iontů  $HCO_3^-$ .  $H^+$  ionty dále pronikají přes mucin až k sliznici žaludku. Pro koncentraci  $H^+$  iontů v žaludku platí vztah:

$$\frac{d(Vs \cdot H_c^+)}{dt} = ihf + ihs + ihr - \frac{Vs \cdot H_c^+}{R} \left[ \frac{mol}{s} \right] \quad (4.3-1)$$

ihf - příjem vodíkových iontů v potravě

$$ihf = Q \cdot H_{cf}^+ \quad (4.3-2)$$

ihs - příjem vodíkových iontů ve slinách

$$ihs = Q \cdot H_{cs}^+ \quad (4.3-3)$$

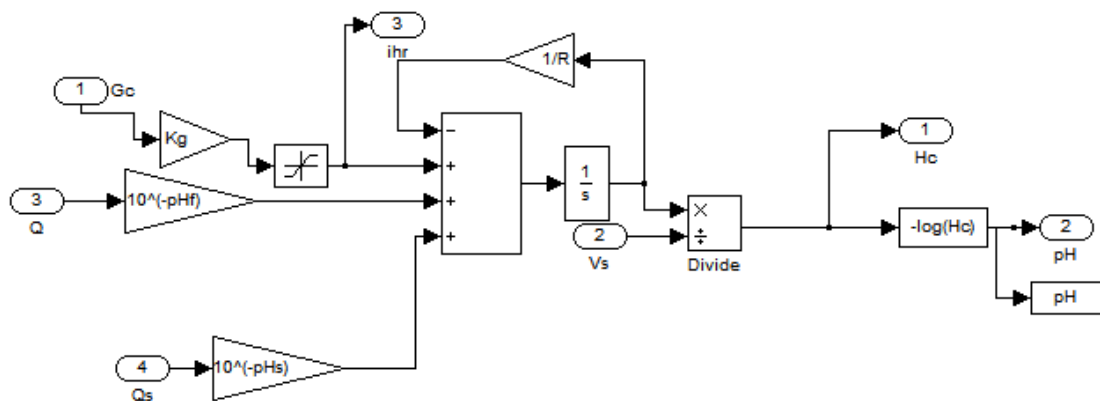
ihr - produkce HCl resp.  $H^+$  iontů stimulovaná gastrinem

- Produkce je přímo úměrná koncentraci gastrinu až do určité meze, při které dojde k nasycení:

$$\begin{aligned}
 ihr &= K_g \cdot G_e, 0 \leq G_e \leq G_{e_{\max}} \\
 ihr &= K_g \cdot G_{e_{\max}}, G_{e_{\max}} < G_e
 \end{aligned}
 \tag{4.3-4}$$

$K_g$  – míra produkce HCl [ $\text{mol} \cdot \text{L} \cdot \text{ng}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ] [17]

Blok pH žaludku je sestaven z většiny parametrů potřebné k zjištění aktuálního pH. pH žaludku vždy strmě stoupá na začátku příjmu potravy. Po ukončení příjmu potravy je pH nejnižší. pH se snižuje kvůli velké koncentraci gastrinu. Vstupními parametry je koncentrace gastrinu v krvi, také míra produkce HCl, míra příjmu potravy a produkce slin.

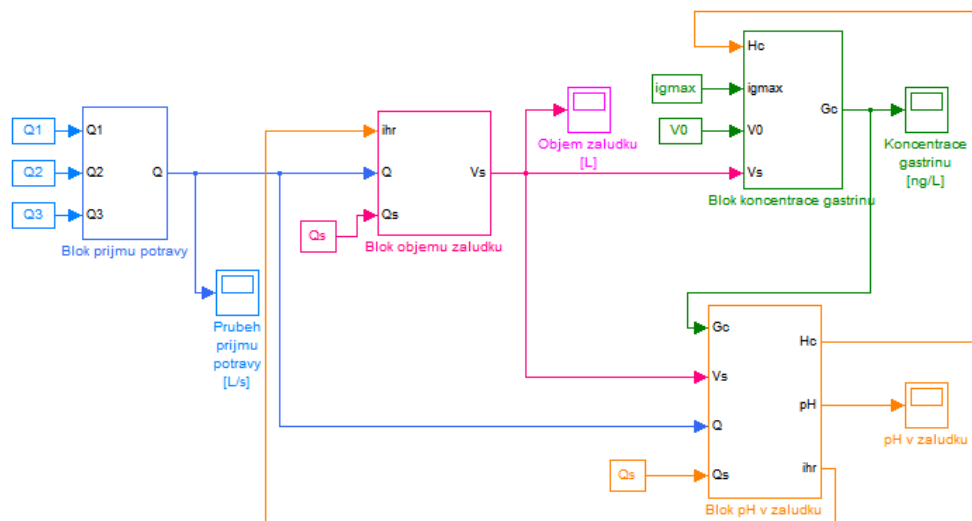


Obr. 10: Blok pH žaludku.

## 2.4 Výsledný model

Zde je výsledný model vytvořen v Matlabu – Simulinku. Jednotlivé bloky, které byly rozebrány v předchozích podkapitolách, jsou vyobrazeny v celém modelu.

## MODEL REGULACE ŽALUDEČNÍ KYSELOSTI

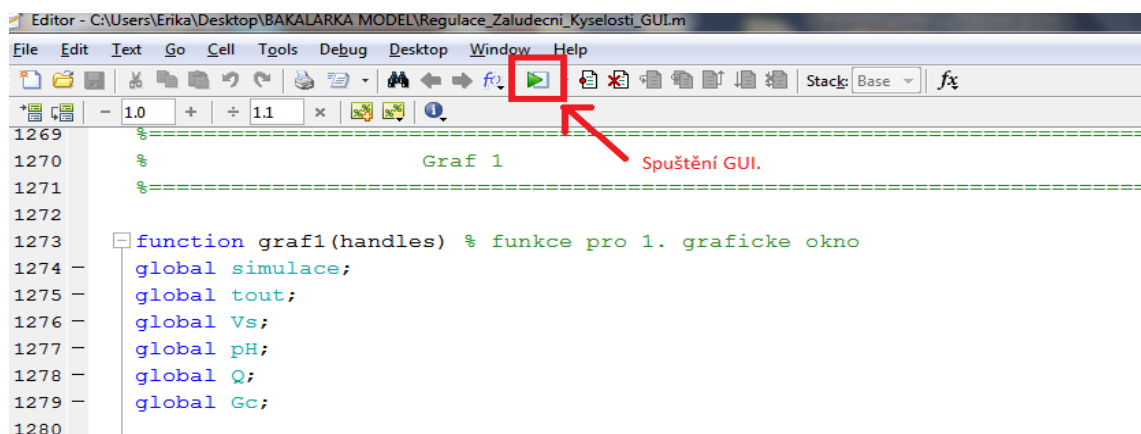


**Obr. 11: Celkový model v Matlab – Simulink.**

### 3. Uživatelské rozhraní GUI

Poté co byl sestaven a postupně rozebrán model v Matlabu – Simulinku pokračujeme dále v uživatelském rozhraní GUI. Aby byla vytvořena správná simulace, bylo zapotřebí nastavit výchozí parametry. Tyto hodnoty jsou převzaty z knihy Biokybernetika [17], kde se touto problematikou zabývali. Základní nastavení hodnot lze vidět nadále v okně GUI a na obrázku č. 14.

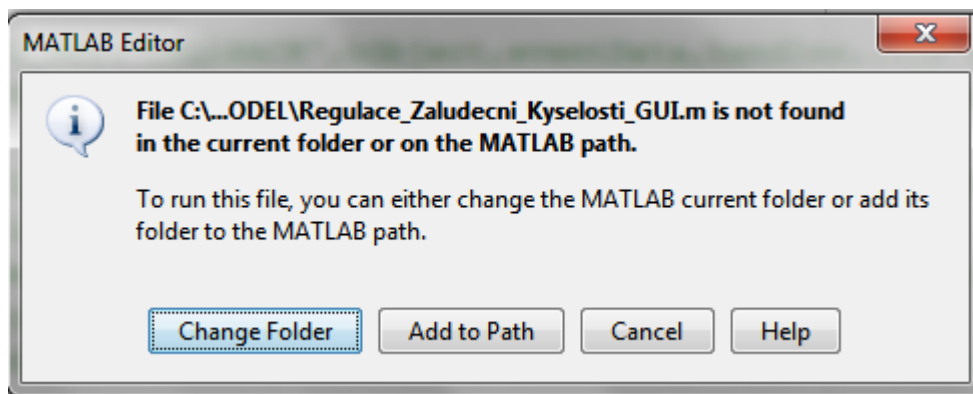
Program spustíme přes program Matlab, kde si otevřeme složku *Regulace\_zaludecni\_kyselosti\_GUI.m*. Otevře se nám editor, který spustíme. Tlačítko, které je potřeba zmáčknout je vyobrazeno na obrázku č. 12.



Obr. 12: Editor – spuštění GUI.

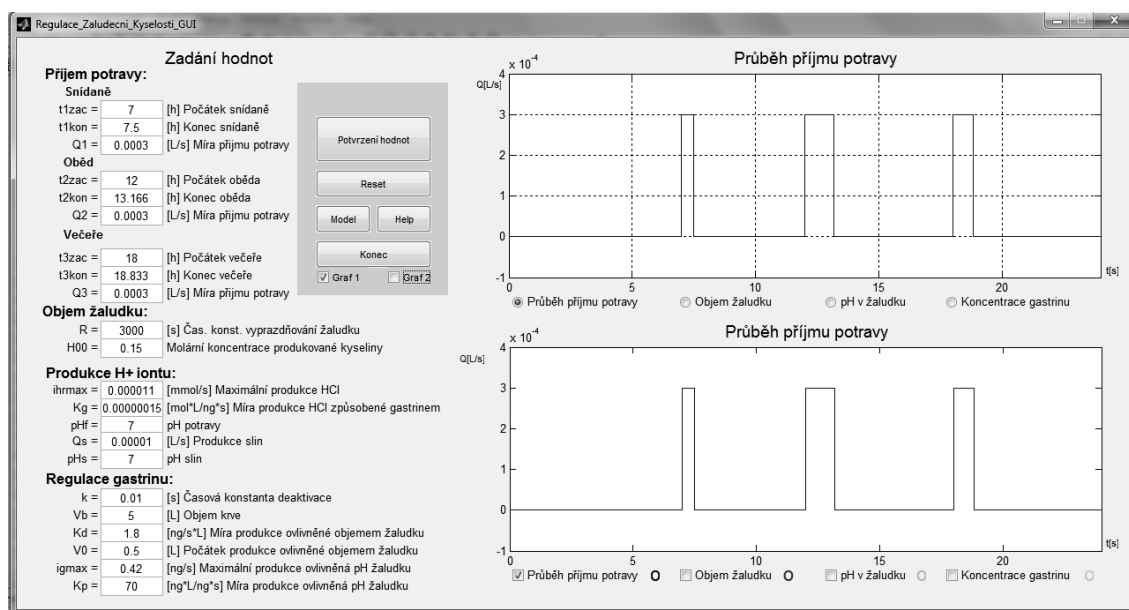
Po spuštění se nám vyobrazí upozornění. Je nutné, abychom potvrdili změnu úložiště k možnému spuštění. Zatrhneme možnost *Change Folder*.





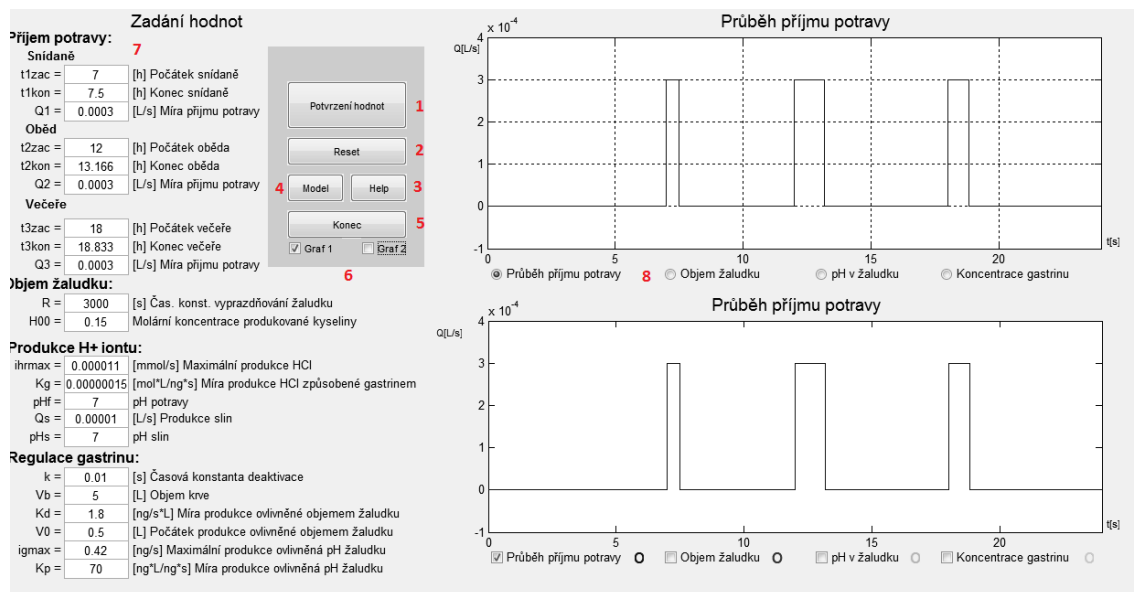
Obr. 13: Matlab Editor – upozornění.

Vyobrazí se uživatelské rozhraní. I pro ty, kteří v tomto nástroji pracují poprvé, je ovládání velmi jednoduché. Nachází se zde dvě okna pro vyobrazení grafů, dále sloupec pro zadávání hodnot, a také ovládací tlačítka, kterými můžeme ovládat celou simulaci.



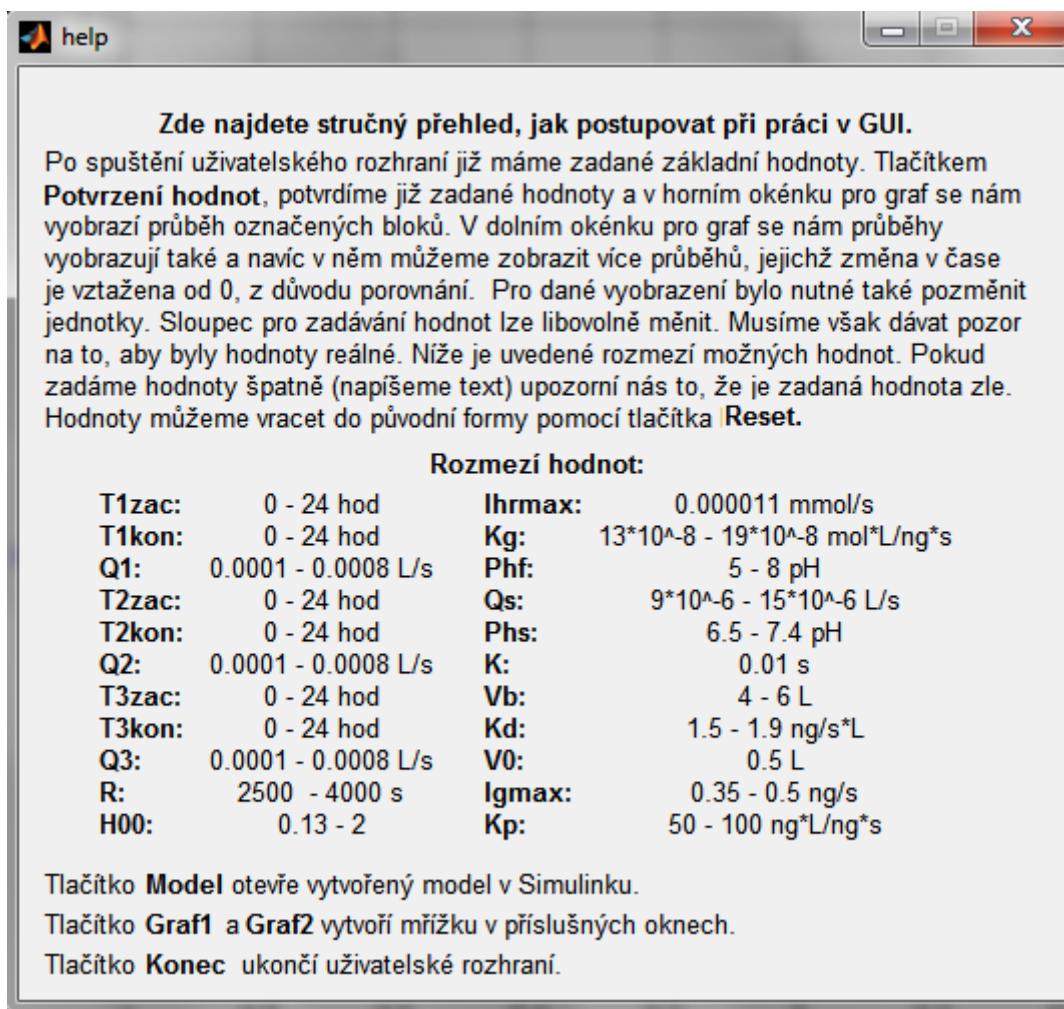
Obr. 14: Uživatelské rozhraní GUI.

Zde je stručný popis funkcí tlačítek pro lepší a rychlejší orientaci.



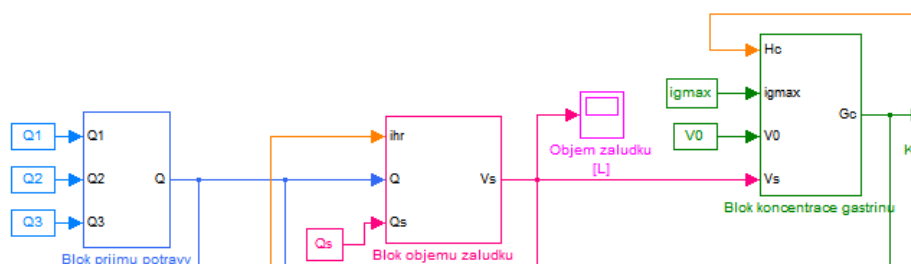
Obr. 15: Uživatelské rozhraní – popis ovládání.

- 1. Potvrzení hodnot** – Potvrdíte již definované hodnoty v modelu, který je vytvořen v Matlabu. Po potvrzení se Vám vyobrazí grafy.
- 2. Reset** – Toto tlačítko vyčistí okénka s grafy a vrátí všechny Vámi změřené hodnoty opět do původního nastavení.
- 3. Help** – Vám vyobrazí rychlou a stručnou nápovědu k ovládání. Zde je vyobrazená stručná nápověda.



Obr. 16: Vyobrazení Helpu.

- Model** - Toto tlačítko slouží k rychlému vyobrazení modelu vytvořeného v Simulinku. Jakmile se nám vyobrazí model v Simulinku, je nutné ho spustit. Správné tlačítko pro spuštění je ukázáno na obrázku č. 17. Po spuštění modelu je možné zobrazit jednotlivé simulace. Pokud se nám průběh vyobrazí na grafu nepřehledně, můžeme ho dát do stavu pro lepší čitelnost. Tak učiníme, když zmáčkneme v nabídce *Autoscale*. V modelu lze otevřít také jednotlivé bloky, které jsou popsány v Kapitole 2.



**Obr. 17: Model – spuštění.**

5. **Konec** – Tímto tlačítkem ukončíte jak veškerou simulaci, tak i samotné okno GUI.
6. **Graf 1 a Graf 2** – Tyto tlačítka slouží pro zobrazení mřížek v jednotlivých grafech.
7. **Zadání hodnot** – Zde jsou přednastavené hodnoty z modelu. Lze je libovolně měnit, ale je třeba dbát na reálné hodnoty. Rozmezí hodnot naleznete v nápovědě. Pokud zde zadáte text, vyobrazí se Vám okénko, že je hodnota špatně zadána. Je třeba také dávat pozor na to, jak se zadávají desetinná čísla. Program GUI toleruje pouze tečku v desetinném čísle.

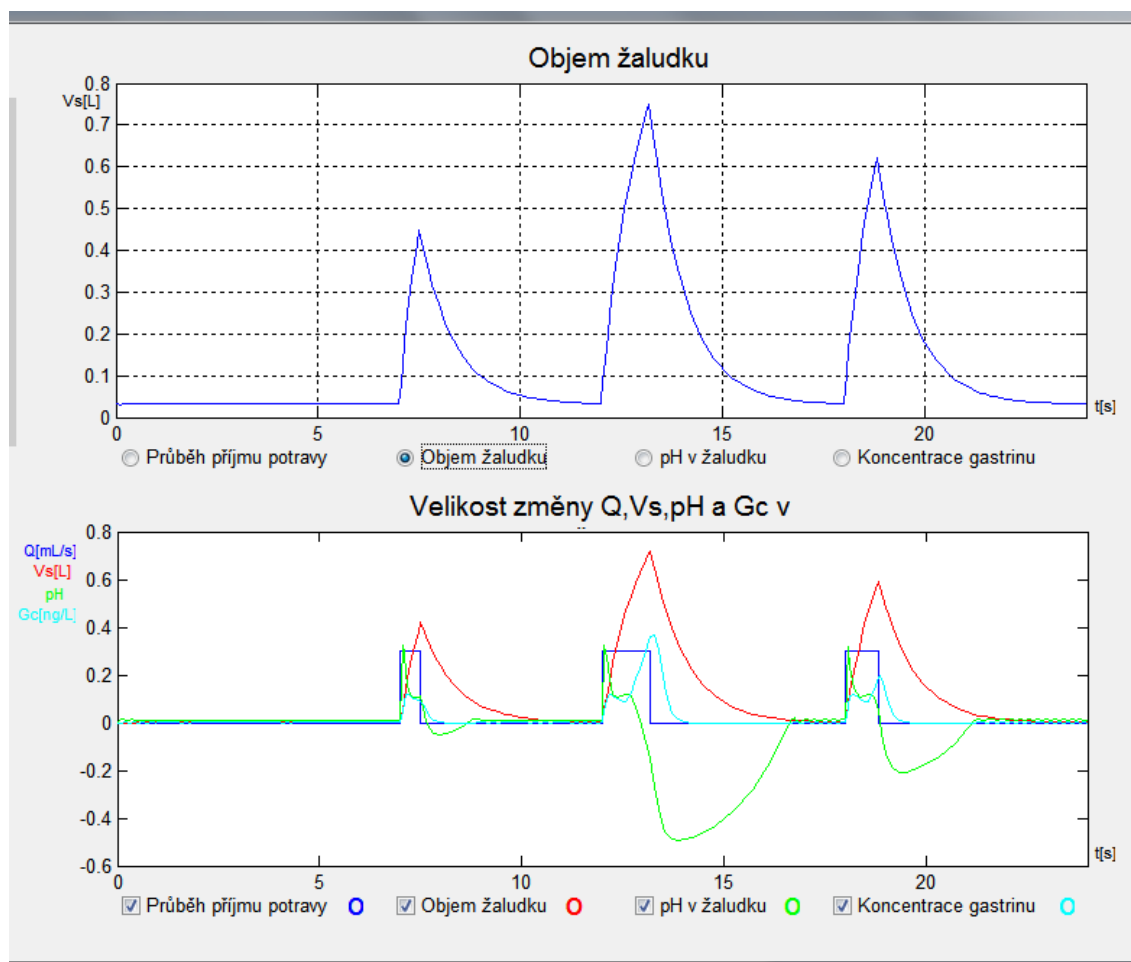


Obr. 18: Uživatelské rozhraní – chybně zadaná hodnota.

8. Zde je možné přepínat mezi jednotlivými bloky (Průběh příjmu potravy, Objem žaludku, pH žaludku, koncentrace gastrinu).

U obrázku č. 19 jsou zobrazeny dva grafy. U obou můžeme přepínat mezi bloky. První graf je základní, tedy se vyobrazují grafy v podobě, jakým způsobem jsou zadány. Na ose x je vyobrazený čas v sekundách a na ose y je pokaždé jiný parametr v základních jednotkách.

Druhý graf vyobrazuje stejné bloky a slouží k porovnání hodnot. Zaškrtnutím všech bloků je můžeme vyobrazit všechny najednou a porovnat je. Pro srovnání těchto simulací byla potřeba, aby všechny začínaly v bodě 0. Z tohoto důvodu všechny začínají od nuly. Aby toto bylo možné, bylo nutné převést větší jednotky na menší pro lepší zobrazení.



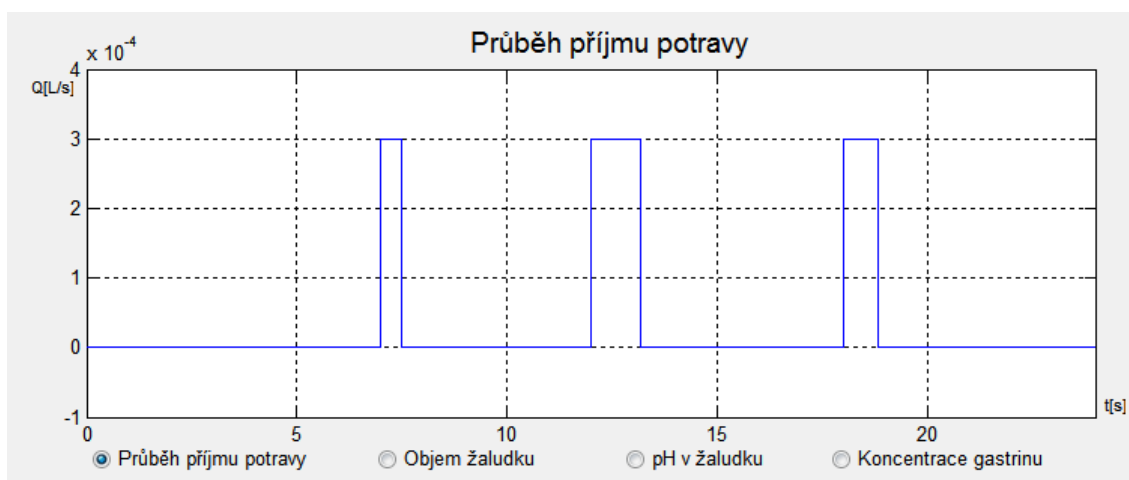
Obr. 19: Uživatelské rozhraní – ukázka grafů.

## 4. Ověření funkčnosti modelu

Výsledkem simulací jsou čtyři průběhy. Jak už bylo na začátku zmíněno, jedná se o průběh příjmu potravy, objem žaludku, pH žaludku a koncentrace gastrinu. V modelu jsou nastaveny hodnoty, které již byly zadány pro správný výsledek. Poté je lze v uživatelském rozhraní libovolně měnit a sledovat tak změny způsobené změnami hodnot. Všechny tyto simulace trvají po dobu 24 hodin.

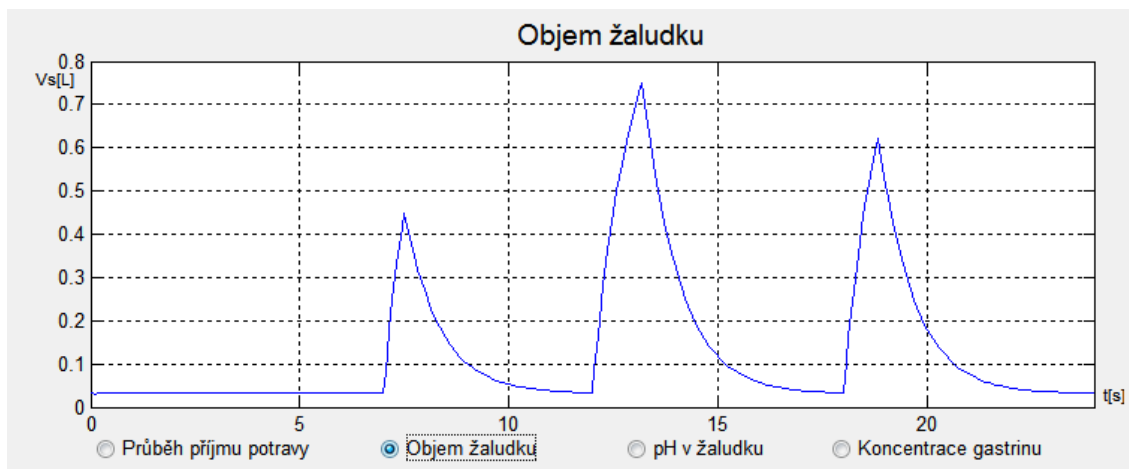
### 4.1 Výsledky simulací

Na obrázku č. 20 vidíme průběh příjmu potravy. Celkový příjem potravy je v jednotkách L/s. Vyobrazují se tři „sloupce“, které symbolizují snídani, oběd a večeři. U každého z nich je zřetelný začátek a konec příjmu potravy. Je nastavena i konstantní míra příjmu potravy u všech stejně, což značí a vyplývá z průběhu, že je to 0,0003 L/s.



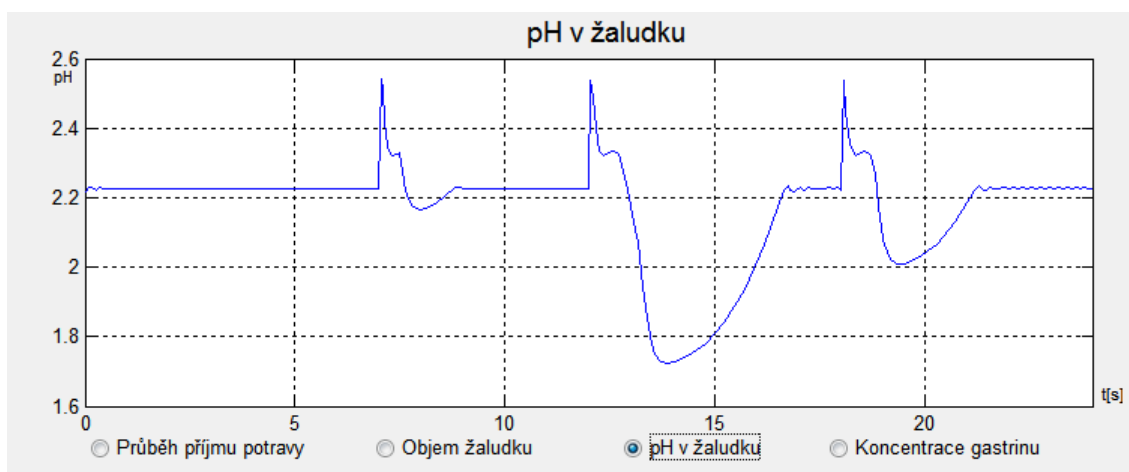
Obr. 20: Průběh příjmu potravy – simulace.

Průběh objemu žaludku, který je vidět na obrázku č. 21, nabírá největšího objemu v době obědu. Ale svých maximálních hodnot, ve všech fázích dne, nabírá vždy po skončení jídla. Následně objem žaludku pozvolně klesá a vyprazdňuje se. Při zvětšování objemu žaludku dochází také ke snižování pH.



**Obr. 21: Objem žaludku - simulace.**

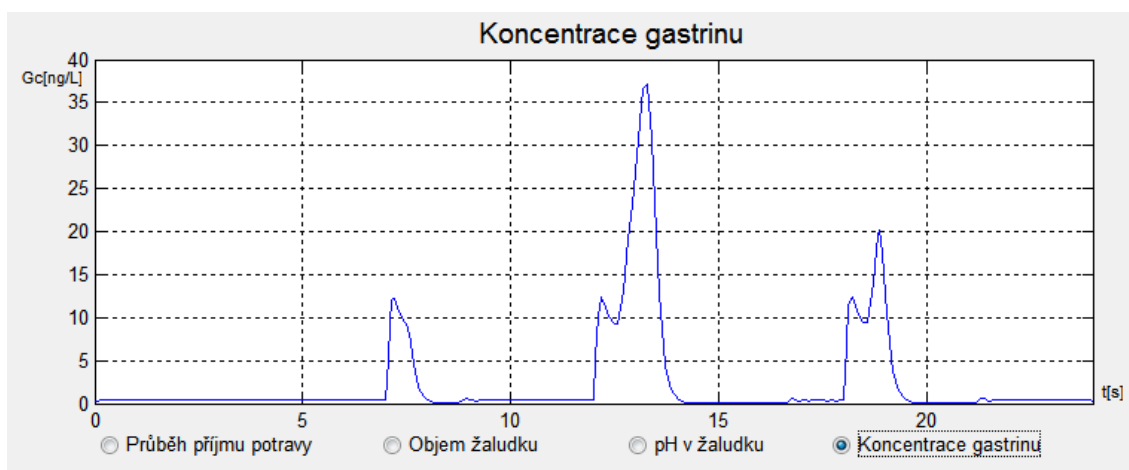
Na obrázku č. 22 máme průběh pH žaludku. Optimální pH žaludku by mělo být kolem 2. Kyselé šťávy, a to především kyselina chlorovodíková způsobuje kyselost žaludku, která může být okolo 1 a méně. V průběhu vidíme že pH je optimální do doby, kdy začíná příjem potravy. Dále se zvětšuje objem žaludku a tím pádem klesá pH, neboť v tuto chvíli začínají pracovat žaludeční šťávy. Své nejnižší hodnoty dosahuje v době, kdy není přijímána žádná potrava.



**Obr. 22: pH žaludku – simulace.**



Koncentrace gastrinu, obrázek č. 23, je měřena v jednotkách nanogram za litr. V době příjmu potravy se koncentrace gastrinu prudce zvyšuje. Toto je zapříčiněno zvětšením objemu žaludku. S vyšší koncentrací gastrinu se zvyšuje i sekrece kyseliny chlorovodíkové. Tím pádem se při zvýšené sekreci HCl snižuje i pH žaludku.

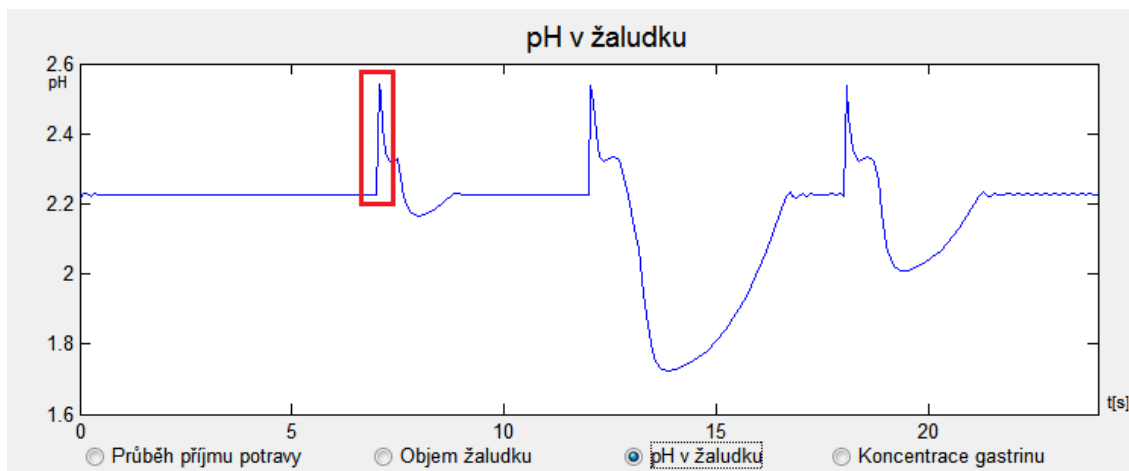


Obr. 23: Koncentrace gastrinu – simulace.

## 4.2 Ověření funkčnosti

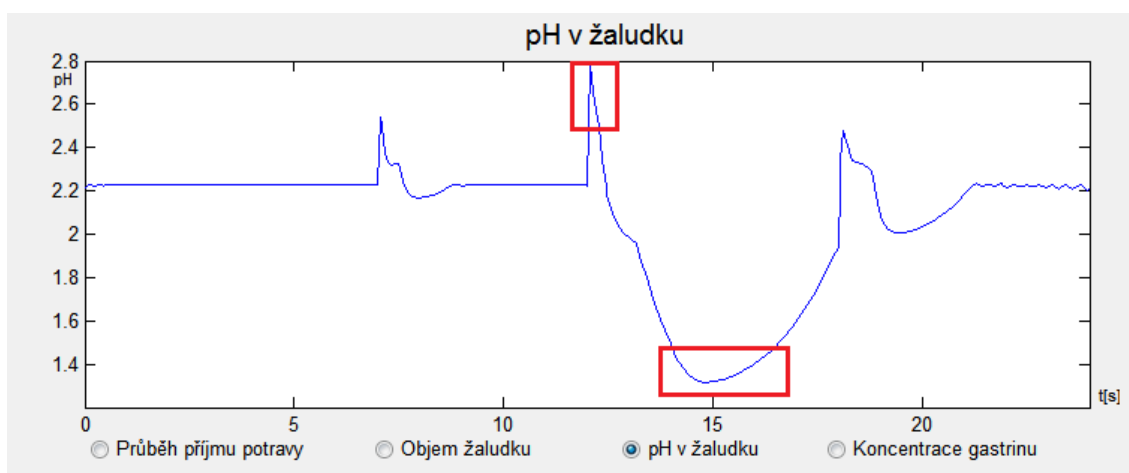
Funkčnost modelu si ověříme na průběhu pH žaludku. V literatuře se uvádí, že jakmile se potrava dostane do žaludku, snižuje se kyselost pH a potrava lehce neutralizuje pH žaludku. V tomto momentu je pH kolem 2 – 4. Tato hodnota je pak ideálním impulsem pro to, aby začaly působit žaludeční kyselé šťávy.

Na obrázku č. 24 vidíme ve zvýrazněné části, že v době, kdy začala snídane (7 hod), se pH trochu neutralizuje, a to kvůli příjmu potravy. Půl hodiny po snídání se pH opět snižovalo prostřednictvím kyselých šťáv.



**Obr. 24: pH žaludku – ověření.**

Na obrázku č. 25 jsme při simulaci změnili přednastavené hodnoty. Změna proběhla pouze u oběda. Míra příjmu potravy byla změněna na 0,0008 L/s, zbytek hodnot byl ponechán. Zde vidíme, že při zvětšení příjmu potravy se nám více neutralizuje pH a po ukončení příjmu nám více pracují kyselé šťávy, pH je kyslejší.



**Obr. 25: pH žaludku – změna hodnot.**

## 5. Závěr

Hlavním cílem této práce je vytvoření Modelu regulace žaludeční kyselosti v programu Matlab – Simulink. Následně jej ověřit a spustit simulace v uživatelském rozhraní.

Model byl sestaven v programu Matlab. Pro zhotovení tohoto modelu bylo zapotřebí znát jak fyziologii žaludku, tak i matematický popis modelu. Aby byly výsledky v mezích fyziologických hodnot lidského těla a také, aby simulace vycházely, byly použity parametry z knihy Biokybernetika.[17]

Po sestavení modelu bylo navrženo a zrealizováno uživatelské rozhraní, a to pomocí GUI. Hlavními složkami v tomto uživatelském rozhraní byly dvě okna pro grafy, série parametrů pro zadávání hodnot a tlačítka pro ovládání. Druhé okno, kde se vyobrazovaly průběhy, sloužilo především k porovnávání mezi určitými bloky.

Dalším úkolem bylo ověřit, zda jsou simulace v pořádku, a zda výsledky odpovídají fyziologickým hodnotám. Na ověření sloužilo porovnání výsledků této práce s odbornou literaturou, která se týkala tohoto tématu. Hodnoty pak šly měnit v uživatelském rozhraní. Pro to, aby byly hodnoty zadávány v reálných hodnotách, slouží nápověda, ve které jsou zobrazeny meze parametrů.

Posledním zadáním této práce byla tvorba laboratorní úlohy v českém i anglickém jazyce. Účelem této úlohy bylo naučit studenty orientovat se v modelu a zkusit si práci v uživatelském rozhraní, a také srovnávat simulace mezi sebou.

## 6. Literární a internetové zdroje

- [1] NOVOTNÝ, Ivan a Michal HRUŠKA. *Biologie člověka: [pro gymnázia]*. 4., rozš. a upr. vyd. Praha: Fortuna, 2007, s. 78-83. ISBN 978-80-7373-007-9.
- [2] *Žaludek.cz* [online]. © 2014 [cit. 2014-05-03]. Dostupné z: <http://www.zaludek.cz/>
- [3] Vrátník (pylorus). *Zdraví na dlani: Web o zdraví* [online]. © 2001 - 2014 [cit. 2014-05-03]. Dostupné z: <http://www.zdravinadlani.cz/tluste-strevo-bez-zacpy/8b-vratnik-pylorus>
- [4] *Žaludek. Studio zdraví Hedis* [online]. 17.7.2013 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.zdravi4u.cz/telo-organy/travici-ustroji/5066-zaludek>
- [5] HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. 1. vyd. Brno: Neptun, 2001, s. 160. ISBN 80-902896-1-4.
- [6] Jak funguje žaludek?. *Medlicker* [online]. 24.11.2012 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://cs.medlicker.com/17-jak-funguje-zaludek/>
- [7] *Žaludek. Institut Galenus* [online]. 2012 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://galenus.cz/clanky/zdravi/traveni-zaludek>
- [8] *Žaludeční šťáva. Škola Ječná* [online]. 2006 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: [http://skolajecna.cz/biologie/Sources/Textbook\\_Textbook.php?intSectionId=51600](http://skolajecna.cz/biologie/Sources/Textbook_Textbook.php?intSectionId=51600)
- [9] KITTNAR, Otomar. *Lékařská fyziologie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, s. 322. ISBN 9788024730684.
- [10] KITTNAR, Otomar. *Lékařská fyziologie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, s. 326-333. ISBN 9788024730684.
- [11] KITTNAR, Otomar. *Fyziologické regulace ve schématech*. 1. vyd. Praha: Grada, 2000, s. 102-104. ISBN 8071697826.
- [12] Nemoci jícnu a žaludku. *Zdravotnictví* [online]. © 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina-priloha/nemoci-jicnu-a-zaludku-168690>
- [13] Anatomie trávicího ústrojí. *Masarykova univerzita: Lékařská fakulta* [online]. © 2008-2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: [http://www.med.muni.cz/dokumenty/pdf/anatomie\\_git.pdf](http://www.med.muni.cz/dokumenty/pdf/anatomie_git.pdf)

- [14] Gastritida. *Vitalion* [online]. © 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://nemoci.vitalion.cz/gastritida/>
- [15] Karcinom žaludku. *Žaludek.cz* [online]. © 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.zaludek.cz/karcinom-zaludku/>
- [16] Rakovina žaludku. *Mimibazar.cz* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: [http://www.mimibazar.cz/rodinne\\_foto.php?id=4067863](http://www.mimibazar.cz/rodinne_foto.php?id=4067863)
- [17] ECK, Vladimír a Miroslav RAZÍM. *Biokybernetika*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, 1996, s. 116-118. ISBN 80-01-01445-2.

## **7. Seznam příloh**

A – Laboratorní úloha v českém jazyce

B – Laboratorní úloha v anglickém jazyce

C – Vzorový protokol

## 8. Obsah CD

- Bakalářská práce ve formátu .docx a pdf
- Softwarový model regulace žaludeční kyselosti (6 souborů)
- Laboratorní úloha v českém a anglickém jazyce
- Vzorový protokol

# 1 Regulace žaludeční kyselosti

## 1.1 Cíl úlohy

Cílem této laboratorní úlohy je naučit studenty orientovat se v modelu regulace žaludeční kyselosti, který je vytvořen v programu Matlab - Simulink.

## 1.2 Zadání

1. Seznámení s modelem v programu Matlab – Simulink.
2. Porovnání hodnot v uživatelském rozhraní GUI.
3. Nastavení vlastních hodnot.

## 1.3 Předpokládané znalosti

Pro tuto úlohu se vyžaduje nastudování:

- Fyziologie žaludku
- Vliv žaludečních šťáv

Doporučená literatura:

- LAMACZOVÁ, Erika. *Model regulace žaludeční kyselosti*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava. Fakulta elektrotechniky a informatiky. Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství. 2014. 30 s. Ing. Martin Augustynek.

## 1.4 Použité vybavení

- PC s programem Matlab – Simulink

## 1.5 Teoretický rozbor

### 1.5.1 Anatomie žaludku

Žaludek je součástí trávicího ústrojí. Jedná se o dutý vakovitý orgán. Objem žaludku je v průměru 2 až 3 l. V extrémních případech může žaludek pojmout potravu o objemu až 5 l. To vše je možné díky roztažitelnosti žaludku. Svalovina žaludku je tvořena hladkým svalstvem, tudíž není ovladatelná naší vůlí. Tato svalovina napomáhá žaludku k peristaltickým pohybům, které slouží k posunu potravy v žaludku. Na povrchu sliznice jsou povrchové buňky, které produkují hlen (nerozpustný v kyselině).



### 1.5.2 Funkce žaludku

Po vstupu potravy do žaludku se stává žaludek zásobníkem této potravy. Prvních 20 minut probíhá v žaludku receptivní relaxace, kdy se tvoří žaludeční šťáva. Tyto šťávy jsou tvořeny především pepsinogeny, vnitřním („intrinsic“) faktorem (váže se na vitamín B12), mucinem a kyselinou chlorovodíkovou. Produkce žaludečních šťáv probíhá na základě dvou faktorů. Prvním z nich je nervově-psychické ovlivnění, což je vlastně na základě chuťových, čichových a zrakových reflexů. Toto je podmíněno stimulací bloudivého nervu. Ale nejen pomocí reflexů je tvořena šťáva, ale také i emoce dokážou ovlivnit sekreci šťáv. Druhým z faktorů je sám žaludek. Potrava, která přichází do žaludku, působí na žaludeční sliznici a tím se uvolňuje gastrin. Spouští se mechanické a chemické reakce. Před těmito agresivními látkami se žaludek chrání na povrchu hlenem. Poté nastává fáze, kdy začnou peristaltické pohyby, které potravu promíchávají se žaludeční šťávou. Tímto procesem se vytvoří řídká a kašovitá hmota nazývaná trávenina (chymus). Postupně je tato trávenina vyprazdňována do duodena. pH žaludku je okolo 1 až 2 a po kontaktu s potravou je pH 2 až 4, kdy po třech hodinách se potrava mění na kyselou tráveninu.

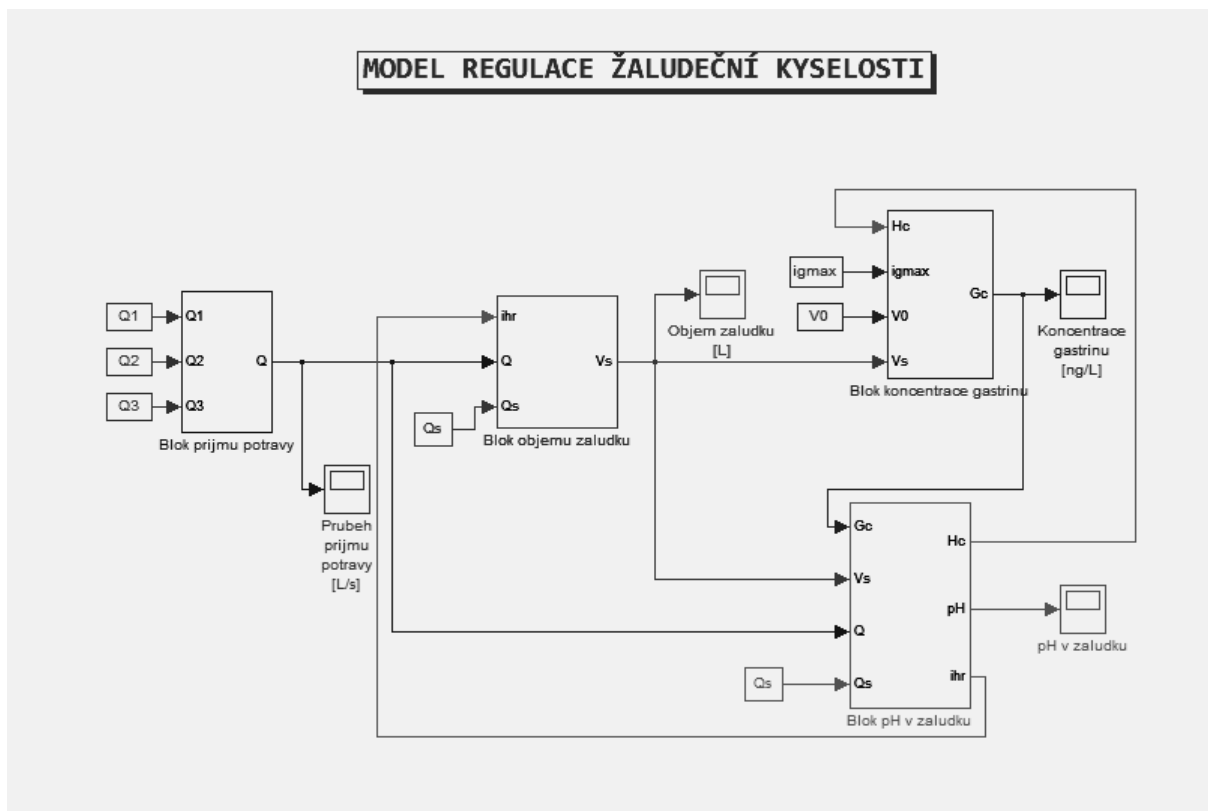
### 1.5.3 Fáze žaludeční sekrece

- Cefalická fáze - žaludeční sekrece je vyvolána na základě podmíněných (zrakové vjemy, myšlenka na jídlo) a nepodmíněných (čich, chuť) podnětů. Uvolňuje se hormon gastrin, který zvyšuje citlivost parietálních buněk a sekreci HCl. U slinivky břišní má 20% podíl na její stimulaci právě cefalická fáze.
- Gastrická fáze - Neboli žaludeční fáze, kdy je potrava již v žaludku. Nastávají reflexní mechanismy. Žaludek se roztáhne a zvětší svůj objem. G – buňky zvyšují produkci gastrinu. Z krevního oběhu se gastrin dostává do parietálních buněk a tím stimuluje produkci kyseliny chlorovodíkové, ale nestimuluje zde slinivku břišní.
- Intestinální fáze - začíná v době, kdy trávenina vejde do duodena. Ve chvíli, kdy chymus opouští žaludek se uvolňováním gastrinu produkuje sekrece, ale v místě, kdy je chymus již v duodenu, se tvorba sekrece snižuje. V duodenu se za pomoci kyselého chymu začne uvolňovat sekretin, který upravuje pH prostředí v tenkém střevě a gastrický inhibiční hormon. V této fázi hraje největší roli stimulace slinivky břišní.

### 1.5.4 Model regulace žaludeční kyselosti

Celkový model je sestaven v programu Matlab – Simulink. Matlab slouží k vědeckotechnickým výpočtům, ke grafickému znázornění výsledků a k analýze dat. Simulink je prostředí pro simulaci modelů. Lze je jednoduše vytvořit pomocí rovnic a blokových schémat.

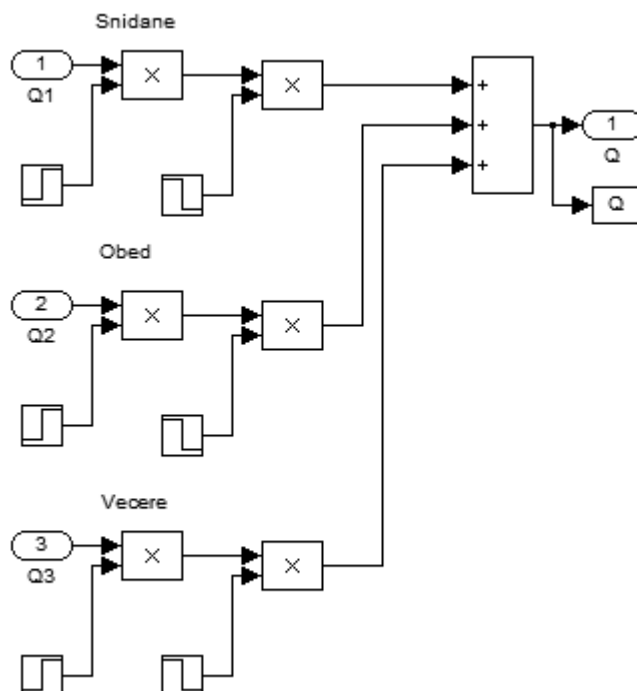
Model regulace žaludeční kyselosti je vytvořen ze čtyř bloků, tudíž má i čtyři výstupy. Prvním z bloků je Blok příjmu potravy, druhý je Blok objemu žaludku, třetí je Blok koncentrace gastrinu a poslední je Blok pH žaludku.



Obr. 1: Model regulace žaludeční kyselosti

- **Blok příjmu potravy:**

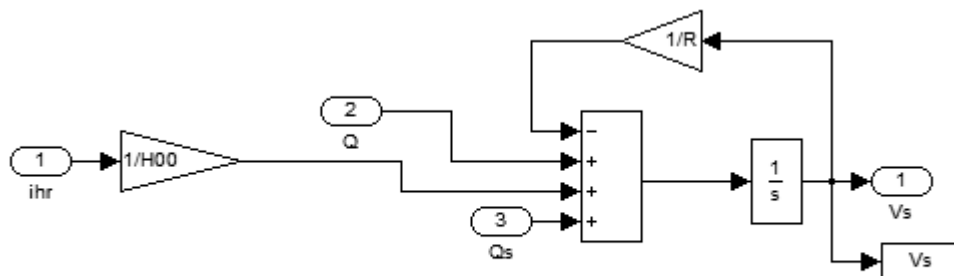
V bloku příjmu potravy se nachází tři vstupy, a to v podobě snídaně, obědu a večere. Parametr  $Q$  vyjadřuje příjem potravy, který se zde uvádí v  $L/s$ . U každého ze vstupů je nastaven začátek i konec. Tyto časy jsou přednastaveny, lze je však měnit. Nastaven je také stálý příjem potravy na  $0,0003 [L/s]$ . Zde je souhrn celodenního jídla za 24 hodin.



Obr. 2: Blok příjmu potravy.

- Blok objemu žaludku:**

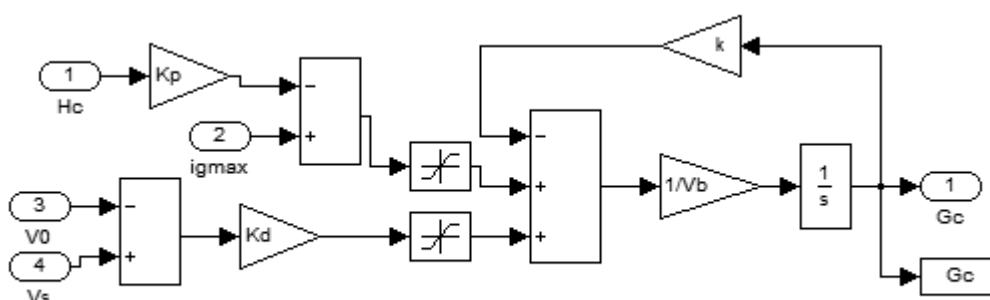
Blok objemu žaludku navazuje na příjem potravy. Je nutné znát celkový příjem potravy během 24 hodin, množství vyprodukovaných slin a žaludečních šťáv. Parametr  $H00$  je zde jako molární koncentrace produkované kyseliny. Parametr  $R$ , časová konstanta vyprazdňování žaludku, je nastaven na 3000 s. Výsledkem je pak objem žaludku během čtyřiaadvaceti hodin.



Obr. 3: Blok objemu žaludku.

- **Blok koncentrace gastrinu:**

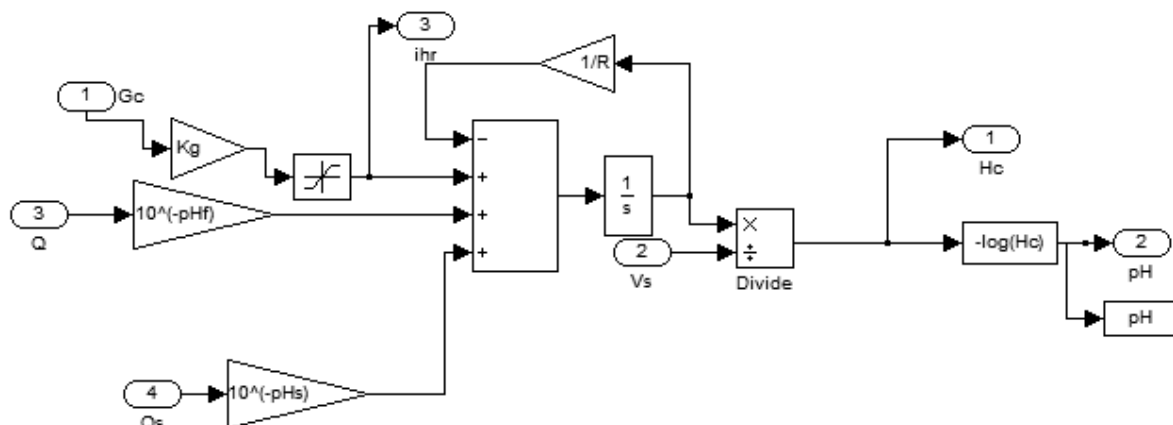
Koncentrace gastrinu v krvi je závislá na vstupních parametrech jako koncentrace  $H^+$  iontů, na objemu žaludku a na produkci gastrinu, která je ovlivněná objemem žaludku. Důležitou složkou v tomto bloku je míra produkce gastrinu. U parametru  $K_d$  je produkce ovlivněná objemem žaludku a u parametru  $K_p$  je ovlivněná pH žaludku. Abychom znali celkovou koncentraci gastrinu, je nutné znát objem krve.



Obr. 4: Blok koncentrace gastrinu.

- **Blok pH žaludku:**

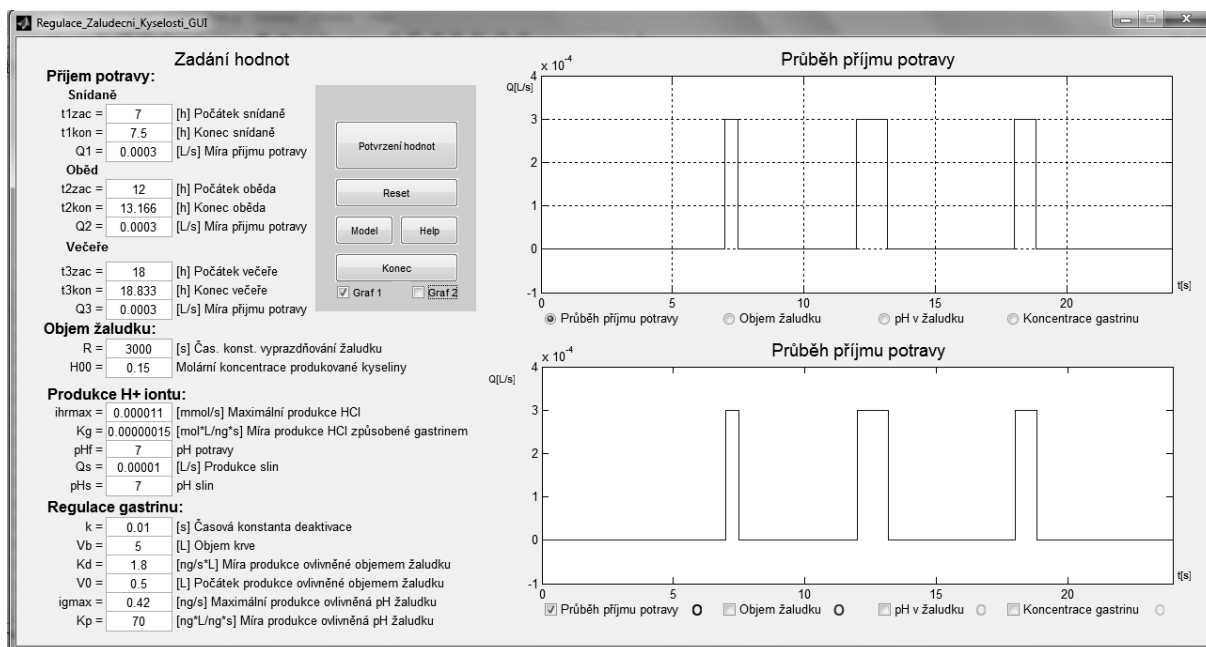
Blok pH žaludku je sestaven z většiny parametrů potřebné k zjištění aktuálního pH. pH žaludku vždy strmě stoupá na začátku příjmu potravy. Po ukončení příjmu potravy je pH nejnížší. pH se snižuje kvůli velké koncentraci gastrinu. Vstupními parametry je koncentrace gastrinu v krvi, také míra produkce HCl, míra příjmu potravy a produkce slin.



Obr. 5: Blok pH žaludku.

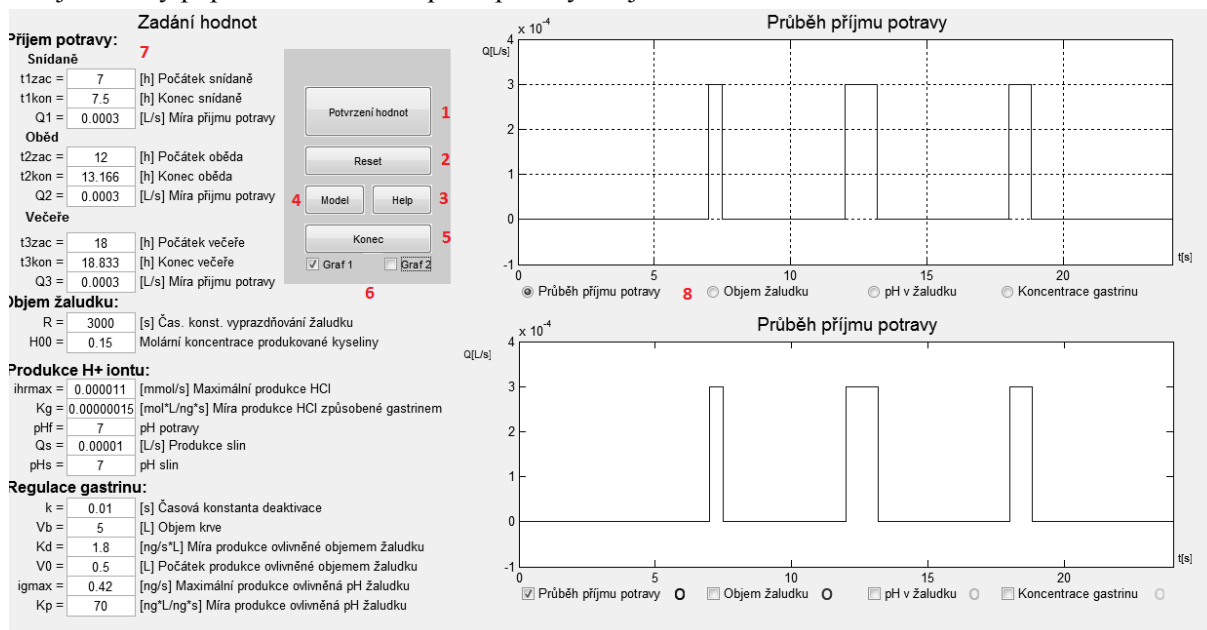
### 1.5.5 Uživatelské rozhraní GUI

Poté co byl sestaven a postupně rozebrán model v Matlabu – Simulink pokračujeme dále v uživatelském rozhraní GUI. Zde i pro ty, kteří se v tomto nástroji moc neorientují, je ovládání velmi jednoduché. Nachází se zde dvě okna pro vyobrazení grafů, dále sloupec pro zadávání parametrů a také ovládací tlačítka, kterými můžeme ovládat celou simulaci.



Obr. 6: Uživatelské rozhraní GUI.

Zde je stručný popis funkcí tlačítek pro lepší a rychlejší orientaci.



- 1. Potvrzení hodnot** – Potvrdíte hodnoty již definované v modelu, který je vytvořen v Matlabu. Po potvrzení se Vám vyobrazí grafy.
- 2. Reset** – Toto tlačítko vyčistí okénka s grafy a vrátí všechny Vámi změněné hodnoty opět do původního nastavení.
- 3. Help** – Vám vyobrazí rychlou a stručnou nápovědu k ovládání.
- 4. Model** - Toto tlačítko slouží k rychlému vyobrazení modelu vytvořeného v Simulinku. Jakmile se nám vyobrazí model v Simulinku, je nutné ho spustit. Správné tlačítko pro spuštění je ukázáno na obrázku č. 17. Po spuštění modelu je možné zobrazit jednotlivé simulace. Pokud se nám průběh vyobrazí na grafu nepřehledně, můžeme ho dát do stavu pro lepší čitelnost. Tak učiníme, když zmáčkneme v nabídce *Autoscale*. V modelu lze otevřít také jednotlivé bloky.
- 5. Konec** – Tímto tlačítkem ukončíte jak veškerou simulaci, tak také i samotné okno GUI.
- 6. Graf 1 a Graf 2** – Tyto tlačítka jsou pro zobrazení mřížek v jednotlivých grafech.
- 7. Zadání hodnot** – Zde jsou přednastavené hodnoty z modelu. Lze je libovolně měnit, ale je třeba dbát na reálné hodnoty. Rozmezí hodnot naleznete v nápovědě. Pokud zde zadáte text, vyobrazí se Vám okénko, že hodnota je špatně zadána. Je třeba dávat také pozor na to, jak se zadávají desetinná čísla. Program GUI toleruje pouze tečku v desetinném čísle.

**Zadání hodnot**

**Příjem potravy:**

**Snídaně**

t1zac = 7 [h] Počátek snídaně

t1kon = 7.5 [h] Konec snídaně

Q1 = 0.0003 [L/s] Míra příjmu potravy

**Oběd**

t2zac = 12 [h] Počátek oběda

t2kon = 13.166 [h] Konec oběda

Q2 = 0.0003 [L/s] Míra příjmu potravy

**Večeře**

t3zac = 18 [h] Počátek večeře

t3kon = er [h] Konec večeře

Q3 = 0.0003 [L/s] Míra příjmu potravy

**Objem žaludku:**

R = 3000 [s] Čas. konst. vyprazdňování žaludku

H00 = 0.15 Molární koncentrace produkované kyseliny

**Produkce H<sup>+</sup> iontu:**

ihmax = 0.000011 [mmol/s] Maximální produkce HCl

Kg = 0.00000015 [mol\*L/ng\*s] Míra produkce HCl způsobené gastrinem

pHf = 7 pH potravy

Qs = 0.00001 [L/s] Produkce slin

**Chybně zadaná hodnota!**

Potvrzení hodnot

Reset

Model Help

Konec

☒ Graf 1 ☐ Graf 2

**Chybně zadaná hodnota**

Zadaná hodnota musí být číslo

OK

☒ Průběh příjmu potravy ☐ Objem žaludku

8. Zde je možné přepínat mezi jednotlivými bloky (Průběh příjmu potravy, Objem žaludku, pH žaludku, koncentrace gastrinu).

## 1.6 Pracovní postup

### 1.6.1 Postup k bodu č.1 zadání

Na ploše počítače si najdete složku s názvem *Regulace\_zaludecni\_kyselosti\_GUI.m* a otevřete ji. Poté spustíte simulaci. Vyobrazí se Vám okno s uživatelským rozhraním. Tam zmáčknete tlačítko *Model*. Po spuštění si prohlédnete model a vyzkoušejte si jeho funkčnost.

### 1.6.2 Postup k bodu č.2 zadání

Poté co máte prostudovaný model, se můžete přesunout zpět k uživatelskému rozhraní. V teorii je stručný popis toho, k čemu a jak fungují určité tlačítka. Vyzkoušejte si práci v GUI. Ve spodním grafu pak porovnejte simulace všech bloků a pokuste se přijít na to, jak na sobě jsou závislé jednotlivé bloky. Do výsledků pak napište vaše postřehy a poté je dle návodu také grafický znázorněte.

Aby byl výsledek dobře čitelný, budeme provádět ukázkou pouze na obědu. Proto si nastavíme snídani a večeři bez příjmu potravy. Tudiž parametry Q1 a Q3 budou mít hodnoty 0. Poté si ve spodním grafu zobrazíme potřebné průběhy pro porovnání.

### **1.6.3 Postup k bodu č.3 zadání**

V tomto úkolu si student navrhne sám hodnoty. Pozmění již přednastavené hodnoty tak, aby výsledky simulací byly v reálných hodnotách v rámci fyziologie žaludku. Své hodnoty a výsledky simulací si student uloží a poté přidá do protokolu k výsledkům.

## **1.7 Výsledky**

## **1.8 Kontrolní otázky**

1. Na základě kterých dvou faktorů probíhá produkce žaludečních šťáv?
2. Vyjmenujte fáze žaludeční sekrece a stručně je popište.
3. Čím je způsobeno to, že se pH žaludku v době příjmu potravy nejdříve zvýší a poté rapidně klesá?



# 1 Model of regulation of gastric acidity

## 1.1 Task goal

Goal of this laboratory task is to teach students how to orient in the regulation model of gastric acidity which is created in Matlab - Simulink.

## 1.2 Instructions

1. Getting to know the model in program Matlab – Simulink.
2. Comparing the values in user interface GUI.
3. Configuring own values.

## 1.3 Student Qualification

This task requires experience in:

- Physiology of stomach
- Influence of stomach liquid

Literature reference:

- LAMACZOVÁ, Erika. *Model regulace žaludeční kyselosti*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava. Fakulta elektrotechniky a informatiky. Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství. 2014. 30 s. Ing. Martin Augustynek.

## 1.4 Used equipment

- Computer and Matlab – Simulink program.

## 1.5 Theoretical analysis

### 1.5.1 Stomach anatomy

Stomach is a part of digestive mechanism. It's a caecal vacuolar organ. Average size of a stomach is two to five litres. In extreme cases stomach can contain food up to five litres. This can happen because of the stomach flexibility. Stomach muscle is formed with smooth muscles which means it's not operable with our mind. This muscle helps stomach to do peristaltic movements that serve to food shifting. On the top of the mucous membrane are surface cells and they are producing grime. (insoluble in acid).

## 1.5.2 Stomach functionality

After the food reaches the stomach It becomes a food silo. In the first 20 minutes the stomach runs a receptive relaxation when the stomach acid is made. These acids are made with pepsinogens, inner („intrinsic“) factor (binding to the vitamin B12), mucin and hydrochloric acid. Production of stomach acids runs because of two factors. The First of them is neuro-psyche influence which is based on taste, smell and eye reflexes. It's caused by stimulation of the vagus nerve. Acid is not just made by reflexes but It is also made by emotions that can affect acid secretion. The second way to produce stomach acids is the way of stomach itself. When the feed comes to stomach It takes effect on the mucous membrane and a gastrin is unborne. Mechanical and chemical reactions are activated. Stomach defends itself by grume before those aggressive substances. The next phase are peristaltic movements which mix with stomach acid. This process creates a runny material and It is called chymus. Chymus is released to duoden. pH-value of a stomach is about one to two and It changes after contact with feed to pH-value two to four which changes to acid chymus after three hours.

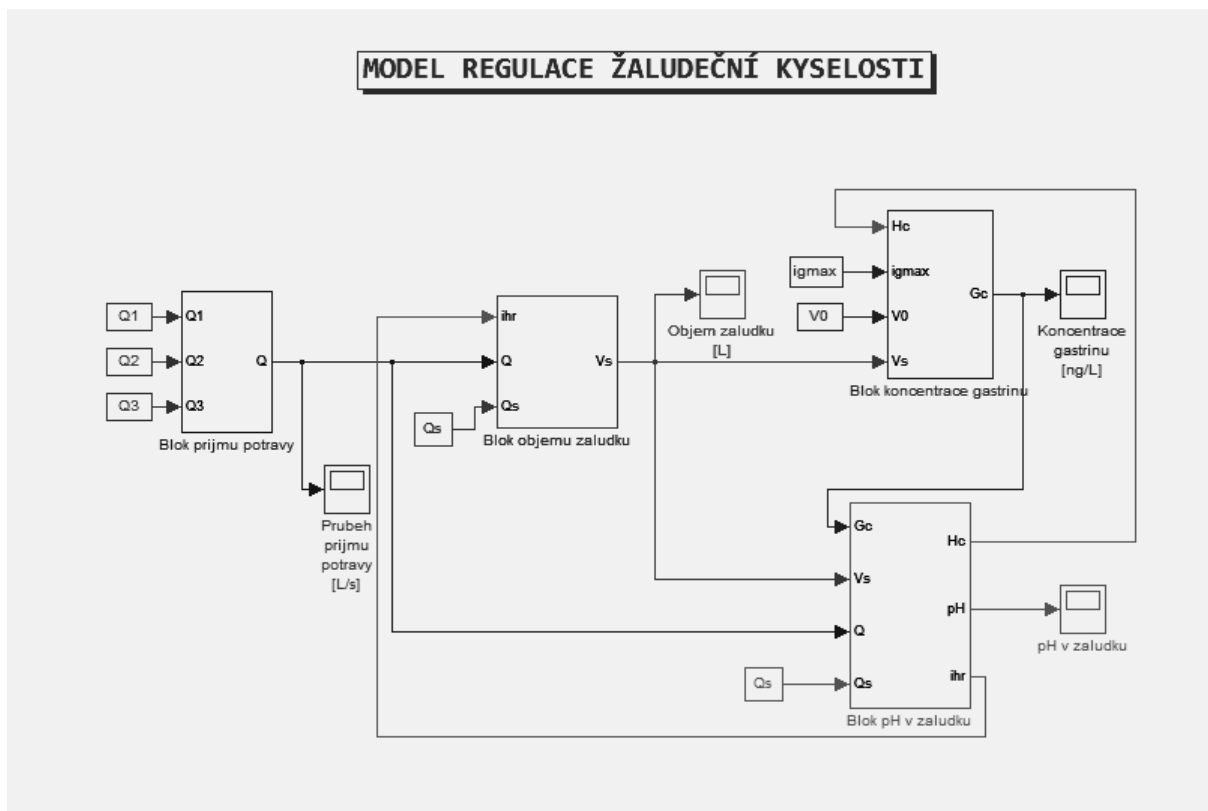
## 1.5.3 Phase of stomach secretion

- Cefalic phase – Also known as the reflex phase when stomach secretion is summoned and based on conditional (eye percepts, thought about food) and unconditional (smell, taste) stimulant. Hormone gastrin is released which raises sensitivity of parietal cells and a secretion of HCl. The cefalic phase has 20% influence on pancreas.
- Gastric phase – Also known as the stomach phase when feed is in the stomach. Reflex mechanisms are starting. The stomach spreads and gets bigger. G – cells raise a production of gastrin. Gastrin gets to parietal cells from bloodstream and it stimulates a production of hydrochloric acid. It doesn't stimulate pancreas.
- Intestinal phase – It starts when chymus steps into duoden. When chymus leaves the stomach It produces a secretion because of the releasing gastrin. When the Chymus is in duoden It slows the production of the secretion. Acid chymus starts to release secretin in duoden which edits pH surrounding in small intestine and gastric inhibitor hormone. The biggest role in this phase is stimulation of pancreas.

## 1.5.4 Model of regulation of gastric acidity

The whole model is built in Matlab – Simulink software. Matlab serves to scientific and technical calculations, to graphic presentation of results and to data analysis. Simulink program is for simulation models in computer environment. It can be easily achieved by equations and block schemes.

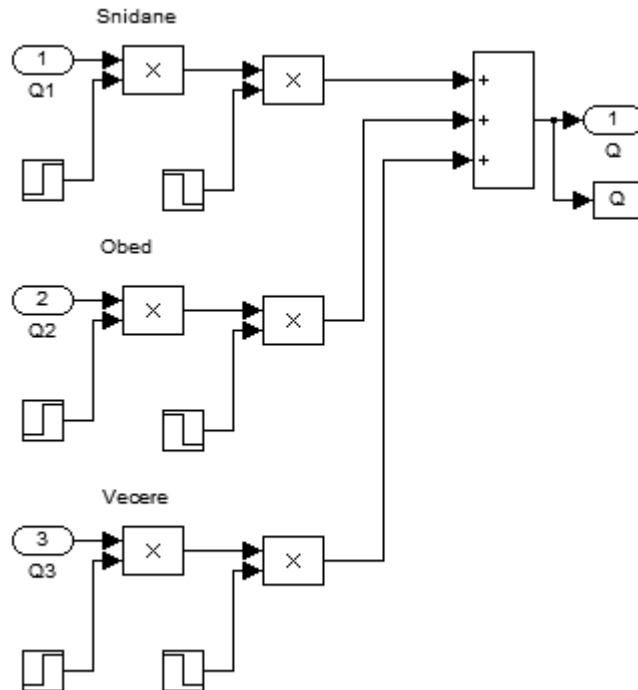
Model of regulation of gastric acidity is formed by four blocks and It also has four outputs. The first of the blocks is a block that gains feed, the second block is a stomach size, the third block is a concentration of a gastrin and the last block is pH of a stomach.



Obr. 1: Model of regulation of gastric acidity

- **Block of feed income:**

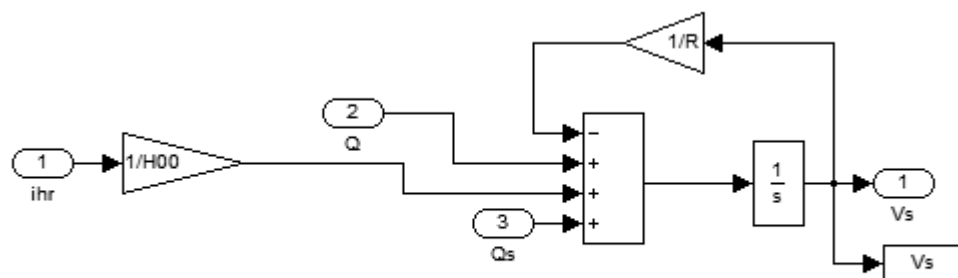
There are three outputs in the block of feed income. It consists of breakfast, lunch and a supper. Q parameter states the feed income which is in L/s. Inputs have beginning and the end. Times are preset and they can be changed. The value of the feed income is set to 0,0003 [L/s]. Here is total feed income for 24 hours.



Obr. 2: Block of feed income.

- **Block of stomach size:**

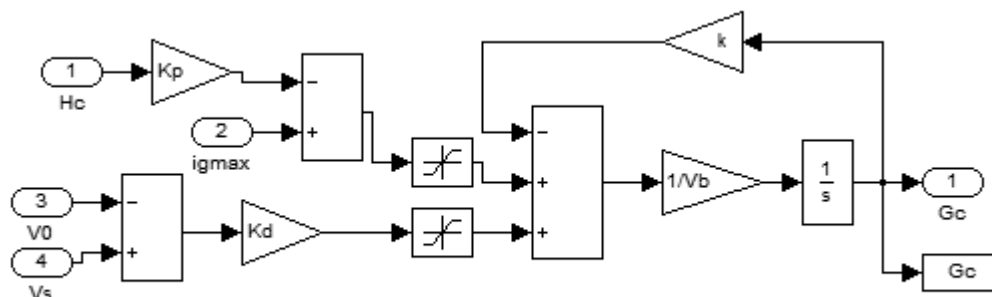
Block of stomach size connects to feed income. It is necessary to know the whole income of food during 24 hours, amount of produced spittles and stomach acids. Parameter  $H_{00}$  is here as molar concentration of produced acids. Parameter  $R$ , time constant of emptying stomach is set to 3000 s. Output is the stomach size during 24 hours.



Obr. 3: Block of stomach size.

- **Block of gastrin concentration:**

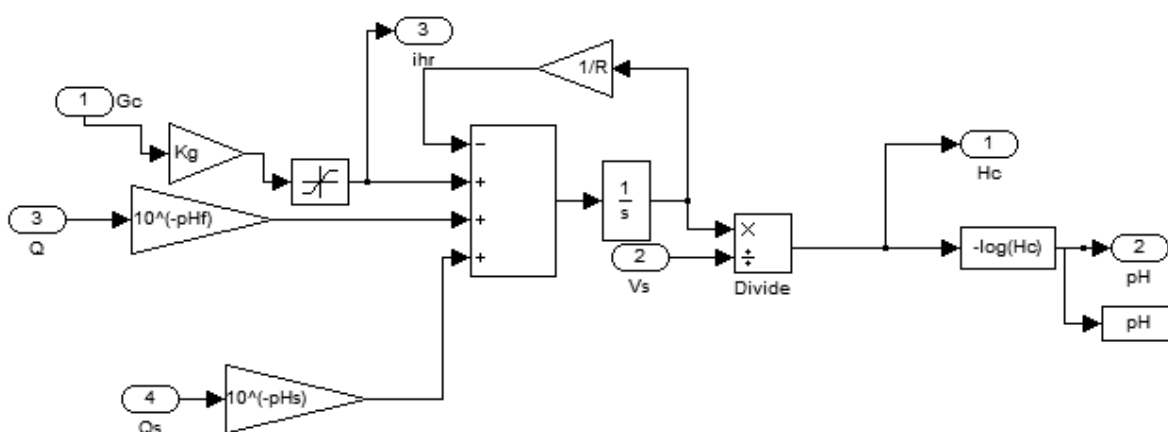
Gastrin concentration in bloodstream depends on input parameters as a concentration  $H^+$  ions, on stomach size and on production of gastrin which is influenced by the stomach volume. The important factor of this block is a scale of gastrin production. At the parameter  $K_d$  is production influenced by stomach volume. PH of a stomach is influenced by parameter  $K_p$ . To know the total gastrin concentration we need to know volume of blood.



Obr. 4: Block of gastrin concentration.

- **Block of stomach pH:**

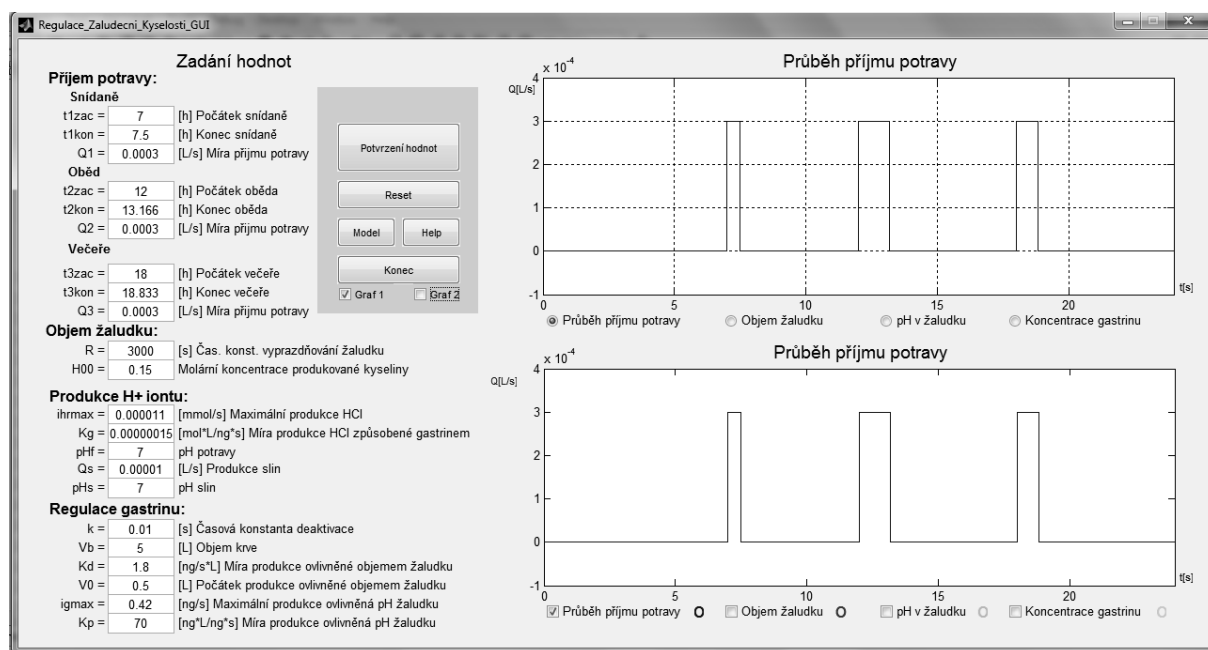
Block of stomach pH is mostly built from parameters that are needed for knowing the current pH. Stomach pH always rapidly rises at the beginning of food intake. At the ending phase of food intake is pH the lowest. It also lowers thanks to the big concentration of gastrin. Input parameters are gastrin concentration in blood and also a scale production of HCl, scale of food intake and production of spittle.



Obr. 5: Block of stomach pH.

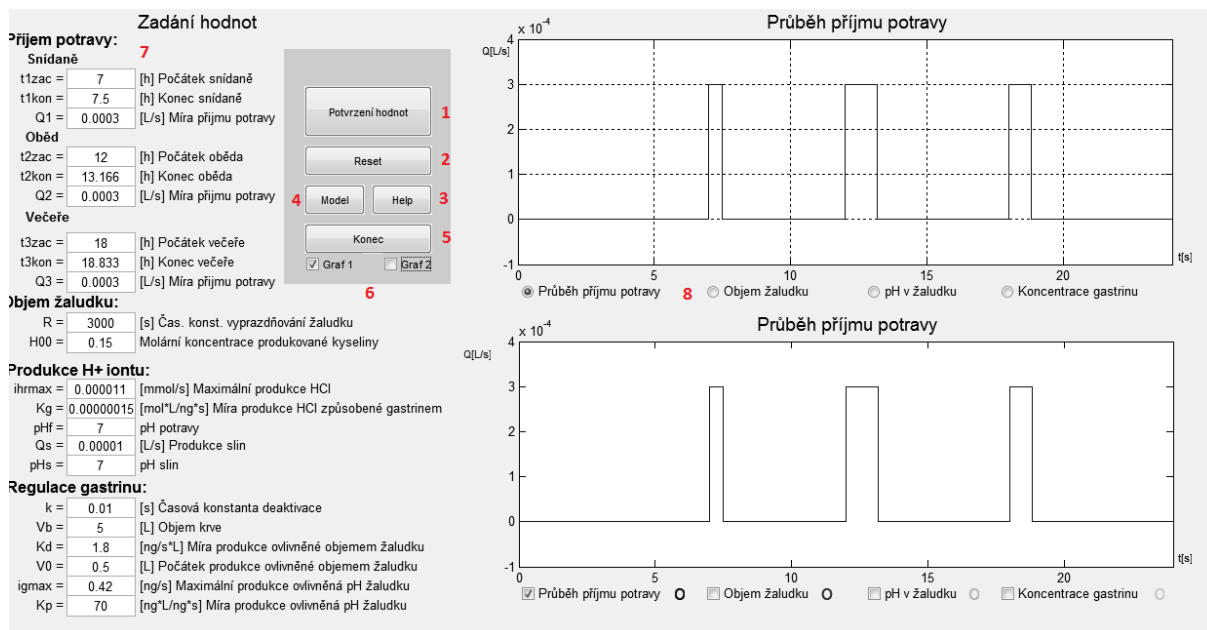
## 1.5.5 User interface GUI

After the creating and disassembling the model in Matlab - Simulink work continues in user interface GUI. The control of GUI is easy even for unexperienced users. There are two windows for graphic images, a column for entering parametres and also a control of buttons that are meant to control the whole simulation.



Obr. 6: User interface GUI.

Here is brief description of button functionality for faster orientation.



1. **Value acceptance** – Confirmation of values that are already defined in model that is created in Matlab. After the confirmation graphs are displayed.
2. **Reset** – This button clears windows with graphs a returns back your changed values to default settings.
3. **Help** – Fast and brief help for control.
4. **Model** – This button is for fasst display of model made in Simulink. As soon as the model displays in Simulink It is necessary to run it. Correct button for starting it is shown at image number 17. After the model is shown It's possible to view every simulation. If the progression is unnoticable It's better to run it in a state of better displaying. The state of better displaying can be opened in menu *autoscale*. Every block can also be opened.
5. **End** – This button ends the whole simulation and also a GUI window.
6. **Graph 1 and Graph 2** – Tthese buttons are for displaying bars in graphs.
7. **Setting the values** – Here are preset values from model. They can be changed but it's necessary to be aware of real values. These values can be found in help. If the text is written here, a window is shown that you entere dan incorrect value. It's better to be cautious about decimal numbers. Program GUI tolerates only dot ind ecimal number.

**Zadání hodnot**

**Příjem potravy:**

**Snídaně**

t1zac = 7 [h] Počátek snídaně  
t1kon = 7.5 [h] Konec snídaně  
Q1 = 0.0003 [L/s] Míra příjmu potravy

**Oběd**

t2zac = 12 [h] Počátek oběda  
t2kon = 13.166 [h] Konec oběda  
Q2 = 0.0003 [L/s] Míra příjmu potravy

**Večeře**

t3zac = 18 [h] Počátek večeře  
t3kon = er [h] Konec večeře  
Q3 = 0.0003 [L/s] Míra příjmu potravy

**Objem žaludku:**

R = 3000 [s] Čas. konst. vyprazdňování žaludku  
H00 = 0.15 Molární koncentrace produkované kyseliny

**Produkce H<sup>+</sup> iontu:**

ihmax = 0.000011 [mmol/s] Maximální produkce HCl  
Kg = 0.00000015 [mol\*L/ng\*s] Míra produkce HCl způsobené gastrinem  
pHf = 7 pH potravy  
Qs = 0.00001 [L/s] Produkce slin

**Chybně zadaná hodnota!**

Potvrzení hodnot

Reset

Model Help

Konec

☒ Graf 1 ☐ Graf 2

**Chybně zadaná hodnota**

Zadaná hodnota musí být číslo

OK

☒ Průběh příjmu potravy ☐ Objem žaludku

Q[L/s] x 10<sup>-4</sup>

Q[L/s] x 10<sup>-4</sup>

8. Here it's possible to switch between blocks (proces of feed income, stomach volume, stomach pH, gastrin concentration)

## 1.6 Operating sequence

### 1.6.1 Instructions to task number 1

There is a folder which is called *Regulace\_zaludecni\_kyselosti\_GUI.m* on the computer desktop, open it. Run the simulation. Window is displayed with user interface. Then click the button *Model*. After it starts look at the model and try it's functionality.

### 1.6.2 Instructions to task number 2

After the model is explored you can move back to user interface. There is a brief description of button functionality. Try to work in GUI. Compare the simulations of all blocks in the lower graph and try to figure out how the blocks affect themselves. Write down what you spotted in results and do a graph according to manual.

### 1.6.3 Instructions to task number 3

In this task a student designs his own values. He changes preset values that the results of simulations are in real values according to the physiology stomach. Values and simulation results student saves and adds it to protocol.



## **1.7 Results**

## **1.8 Questions**

1. On what two factors runs the production of stomach acids?
2. Name phases of stomach secretion and describe them briefly.
3. Stomach pH is in the time of feed intake higher and then it rapidly lowers. What causes it?

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství**

**Model regulace žaludeční kyselosti**  
**VZOROVÝ PROTOKOL**

**Jméno, příjmení, login**

**Datum**

# 1.Cíl úlohy

Cílem této laboratorní úlohy je naučit studenty orientovat se v modelu regulace žaludeční kyselosti, který je vytvořen v programu Matlab - Simulink.

## 2. Zadání

1. Seznámení s modelem v programu Matlab – Simulink.
2. Porovnání hodnot v uživatelském rozhraní GUI.
3. Nastavení vlastních hodnot.

## 3.Pracovní postup

### 3.1 Postup k bodu č. 1 zadání

Doplní student.

### 3.2Postup k bodu č. 2 zadání

Doplní student.

### 3.2 Postup k bodu č. 3 zadání

Doplní student.

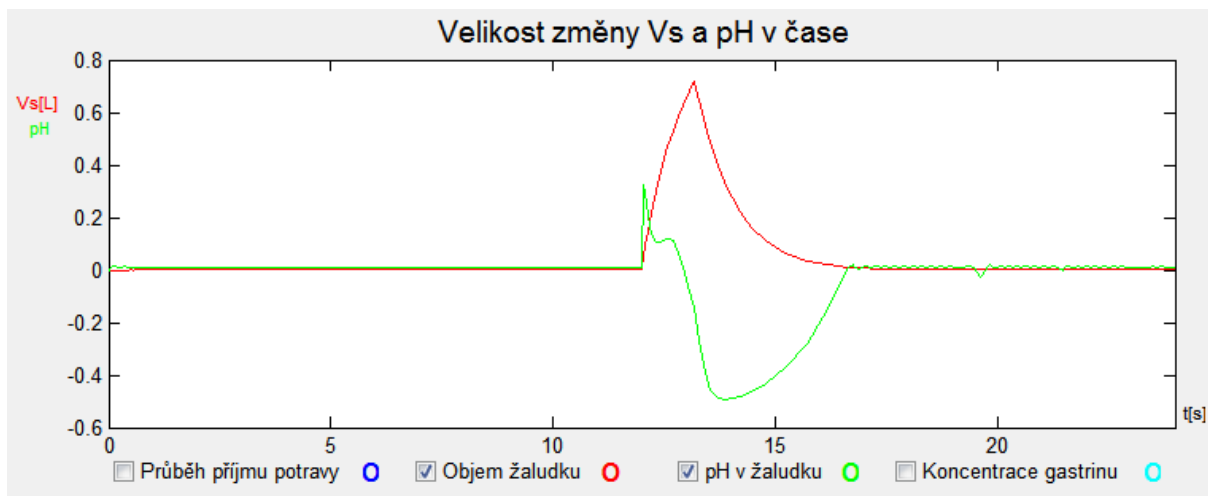
## 4. Výsledky

### 4.1 Výsledky k bodu č. 2 zadání

- Při zvětšování objemu žaludku dochází k snižování pH.
- V době příjmu potravy se koncentrace gastrinu zvyšuje.
- Zvětšením koncentrace gastrinu dochází k zvětšení objemu žaludku.
- Díky vysoké koncentraci gastrinu se zvyšuje i sekrece kyseliny chlorovodíkové.
- Při zvýšené sekreci HCl se snižuje i pH žaludku.

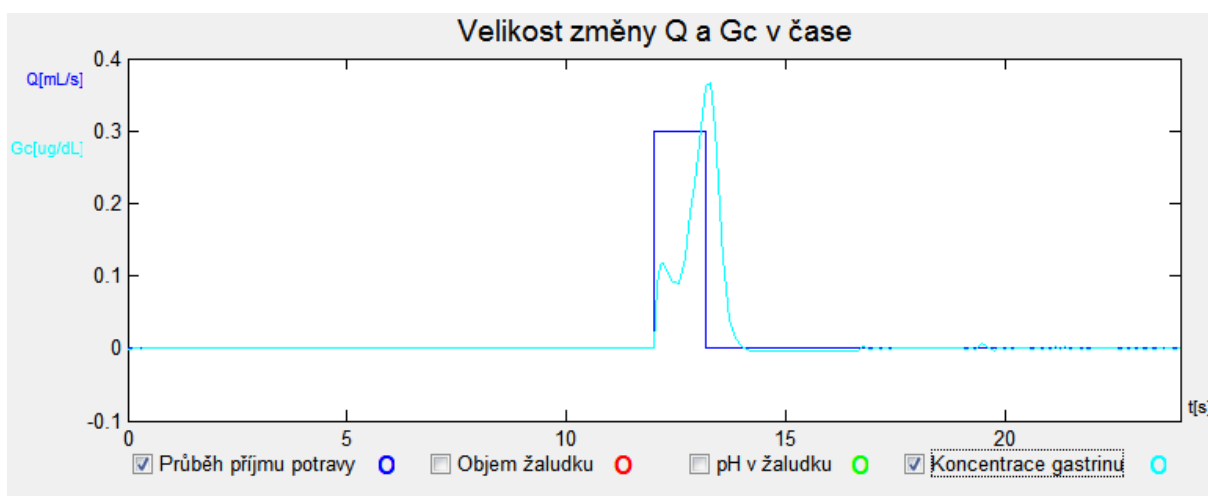
Grafické zobrazení:

- Zde můžeme vidět, že při zvětšování obejmu se pH žaludku mírně zvýší a poté při dokončení příjmu potravy se pH rapidně snižuje. Hodnoty pH, jak vidíme na obrázku, nejsou adekvátní, neboť pro porovnání jsou v tomto grafu všechny průběhy spuštěny v bodě 0.



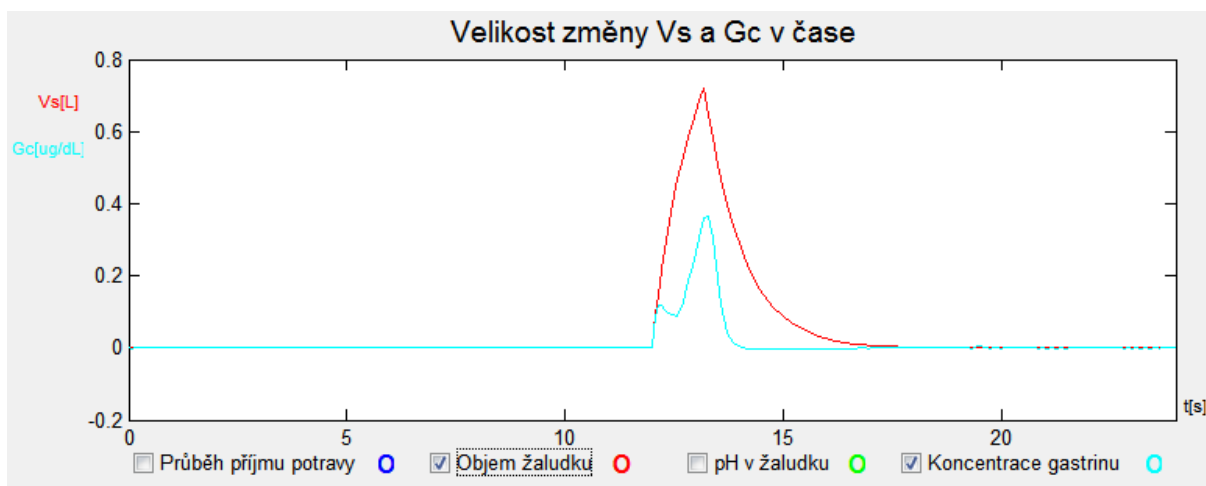
Obr. 1: Velikost změny Vs a pH v čase.

- V době příjmu potravy se koncentrace gastrinu pomalu zvětšuje a největších hodnot dosahuje v době, kdy je příjem potravy ukončen.



Obr. 2: Velikost změny Q a Gc v čase.

- Při nabývání objemu žaludku se také mírně zvětšuje koncentrace gastrinu. Po skončení jídla se koncentrace gastrinu se rapidně snižuje.



Obr. 3: Velikost změny Vs a Gc v čase.

## 4.2 Výsledky k bodu č. 3 zadání

Vypíše si student sám.

## 5. Kontrolní otázky

### 1. Na základě , kterých dvou faktorů probíhá produkce žaludečních šťáv?

- První z nich je na základě čichových a zrakových reflexů. Toto je podmíněno stimulací bloudivého nervu. A druhý z faktorů je sám žaludek. Díky potravě, která působí na žaludeční sliznici spouští se chemické a mechanické reakce a tím se uvolňuje gastrin.

### 2. Vyjmenujte fáze žaludeční sekrece a stručně je popište.

- Fáze cefalická – žaludeční sekrece je vyvolána na základě podmíněných a nepodmíněných reflexů. Uvolňuje se gastrin, který zvyšuje citlivost parietálních buněk a sekreci HCl.
- Fáze gastrická – Potrava se již dostala do žaludku a začínají reflexní mechanismy. Zvyšuje se zde produkce gastrinu, který ale nestimuluje zde slinivku břišní.
- Fáze intestinální – Potrava se dostává do duodena, opouští žaludek a tím se snižuje tvorba sekrece. Uvolňuje se sekretin, který upravuje pH v tenkém střevě.

### 3. Čím je způsobeno to, že se pH žaludku se v době příjmu nejdříve zvýší a poté rapidně klesá?

- V době, kdy žaludek přijímá potravu se jeho pH ředí s potravou a proto pH stoupá a není tak kyselé. Ale při zvětšování objemu, začnou pracovat žaludeční šťávy a ty jsou kyselé, proto se pH snižuje.